TRATADO PRÁCTICO
DE
EDIFICACIÓN

POR

E. BARBEROT

ARQUITECTO

TRADUCIDO DE LA 5.ª EDICIÓN FRANCESA

POR

LINO ÁLVAREZ VALDÉS

INGENIERO DE CAMINOS

SEGUNDA EDICIÓN



BARCELONA
GUSTAVO GILI, EDITOR
Calle de Enrique Granados, 45
MCMXXVII

CAPITULO PRIMERO

Trabajos preparatorios y reconocimiento del terreno

Explanaciones.—Desmonte.—Tiro.—Vaciado.—Excavación en mina.—Apertura de zanjas. —Excavación por zapa.—Excavación por debajo de obras.—Excavación en roca.— Terraplenes.—Transporte de tierras.—Esponjamiento de las tierras.
Naturaleza y calidad del terreno. — Terrenos de roca. — Terrenos de grava. — Terrenos arenosos.—Terrenos arcillosos.—Terrenos limosos y margosos.
Reconocimiento del terreno.—Medios para darse cuenta de la resistencia del terreno.
Sondeos.—Diversos modos de proceder.—Útiles del sondador.
Excavaciones. — Testigos. — Excavación de pozos. — Entibación de los pozos. — Torno. — Excavaciones por debajo de obras. — Apuntalamientos. — Excavaciones debajo del agua.—Ataguías.
Cimentaciones.—Cargas que pueden soportar con seguridad las diferentes clases de terrenos. — Fórmula de Rankine. — Cimentaciones sobre terrenos incompresibles: pozos hormigonados. — Cimentaciones sobre terrenos compresibles y sobre arenas movedizas: martinetes, pilotes, hinca, rechazo.— Cimentaciones sobre fango. — Emparrillados. — Cimentaciones en el agua. — Cimentaciones debajo del agua. — Empleo de la arena para las cimentaciones: procedimiento Dulac, pilotes Simplex.—Zampeados.

EXPLANACIONES

Se llama *explanación* a los movimientos de tierra, en desmonte o en terraplén, que tienen por objeto modificar la configuración del terreno.

Desmonte.—Según la naturaleza del terreno y la mayor o menor compacidad que ofrezca, la excavación puede hacerse con la pala o con la laya, sin necesidad de emplear el azadón. Este caso es el que se presenta en las tierras ordinarias, el cieno, la turba, la arena y el cascajo. Los desmontes que deben desagregarse con el azadón, antes de cargarlos con la pala en la carretilla o en el volquete, son: la tierra franca, los cantos rodados y aglomerados, la arcilla, el fango, las margas y la toba ordinaria. Por último, las rocas deben, según su dureza, atacarse por medio del pico, de la barra y de los barrenos.

Tiro.—Se llama tiro la operación que consiste en elevar con la pala las tierras, sueltas o previamente azadonadas. Se distingue: el *tiro horizontal,* consistente en lanzar las tierras a cierta distancia (unos 3 ó 4 metros); el *tiro sobre el escarpe,* cuando se vuelve a echar la tierra en el borde de la excavación; el *tiro sobre banqueta,* que es necesario cuando la excavación pasa de 2 m de profundidad. En este caso, se divide la profundidad en escalones o banquetas que, en excavaciones estrechas, se reemplazan por andamios de donde los obreros cogen la tierra que han echado los que están en el fondo y la arrojan sobre el escarpe. La distancia vertical entre banquetas puede forzarse hasta 2 m, pero lo corriente es no pasar de 1,50 m.

Vaciado.—Es una excavación a cielo abierto que se ejecuta por capas sucesivas. Hay que tener cuidado de ir formando un plano inclinado que permita el acceso de los volquetes hasta el punto más alejado de la salida; después se termina el trabajo vaciando hasta la profundidad que se quiera, acercándose cada vez más a la vía pública o al comienzo de la excavación.

Excavación en mina, es decir, subterránea o practicada horizontalmente en un macizo. Esta excavación exige la entibación de las tierras a medida que se avanza; también se llama *excavación en galería.*

Apertura de zanjas.—Las zanjas para los cimientos de las construcciones son pequeñas trincheras, a veces demasiado estrechas para que los obreros puedan trabajar en ellas con comodidad; cuando son profundas y no es consistente la tierra, deben acodalarse o apuntalarse. Se obtiene cierta seguridad, en los terrenos de mediana consistencia, dando a los paramentos un talud más o menos pronunciado. A veces se puede, procediendo de esta manera, evitar el apuntalamiento de modo que basta rellenar una vez terminado el trabajo. Los obreros, por causa del ensanchamiento de la zanja en su parte superior, se encuentran en mejores condiciones para ejecutar su labor. Esta excavación se hace por capas de 25 a 50 cm de espesor y el obrero debe igualar cuidadosamente el fondo y los lados, a medida que avanza. El fondo debe siempre apisonarse bien.

Excavación por zapa.—Consiste en abrir trincheras horizontales o rozas en la base y, con la ayuda de cuñas de madera que se clavan en la parte superior, hacer caer el bloque, fragmentando y cargando después las tierras en los volquetes para su transporte.

Excavación por debajo de obras.—Siempre debe hacerse por partes, de un metro como máximo y apuntalando bien si es nece-

sario. La reparación de fábrica debe hacerse inmediatamente y no se continúa la excavación sino cuando la fábrica ha substituído a las tierras extraídas.

Excavación en roca.—Las rocas blandas, la arcilla tenaz, la caliza de los bancos de cantera, el algez y todas las materias que no dan chispas con el eslabón se atacan con el *pico* y con la *barra;* también se puede emplear en este caso el procedimiento de rozas o *a la zapa.*

Las rocas compactas y tenaces, como los mármoles, areniscas, la caliza siliciosa, esquistos, granitos, basaltos, etc., exigen el empleo de punteros, mazas, cuñas, barras, buriles y a veces de la pólvora o de la dinamita.

Para los barrenos, se practican, en el bloque que ha de arrancarse, agujeros cilíndricos de grueso y longitud proporcionados a la masa que se trata de quitar (aproximadamente 4 cm de diámetro y 60 a 80 de longitud, para obtener la desagregación en pequeños bloques).

Terraplenes.—Los terraplenes bien hechos deben ejecutarse por capas de 20 cm, aproximadamente, apisonadas o comprimidas con el rodillo; después que se riegan bien se echa una segunda capa del mismo espesor, que también se apisona y riega, y así se continúa.

Si hay que cargarlos en seguida, conviene regarlos con exceso, apisonarlos de nuevo y darles base muy extensa.

Transporte de tierras.—El transporte se hace con volquetes, si se puede dar acceso a este vehículo y cargar directamente; con la carretilla, para cargar los volquetes después, si es imposible el acceso a estos últimos; por último en sacos o en cestos hasta el volquete, si no se puede emplear la carretilla, como por ejemplo en los trabajos ejecutados en el interior de un edificio.

Un volquete de un caballo puede transportar de 0,5 a 0,7 m^3.

Un carro de dos caballos puede transportar de 1,20 a 1,50 m^3 de tierra.

Una carretilla puede cargarse con 0,033 a 0,050 m^3, aproximadamente.

Un hombre puede transportar con la pala, a 4 metros de distancia, 1,50 m^3 de tierra por hora.

Un hombre puede excavar y transportar con la pala, a una altura de 1,80 m, 0,75 m^3 de tierra por hora.

ESPONJAMIENTO O AUMENTO DE VOLUMEN DE LAS TIERRAS

NATURALEZA DE LAS TIERRAS	UN METRO CÚBICO DE DESMONTE PRODUCE:	
	Sin compresión y medido 5 días después de excavado m³	Comprimido todo lo posible con un pisón o con agua m³
Tierra vegetal (aluviones, arenas, etc.) . .	1,10	1,05
Tierra franca muy grasa.	1,20	1,07
Tierra margosa y arcillosa medianamente compacta	1,50	1,30
Tierra margosa y arcillosa muy compacta y muy dura	1,70	1,40
Tierra cretácea	1,20	1,10
Toba dura o medianamente dura	1,55	1,30
Roca desmontada con barrenos y reducida a trozos.	1,66	1,40

NATURALEZA Y CALIDAD DEL TERRENO

Es muy raro que un edificio se hunda a causa del aplastamiento de los materiales que lo componen, pero, por el contrario, son muy frecuentes los accidentes causados por cimentación defectuosa.

Nunca encareceremos bastante a nuestros lectores el cuidado que debe concederse a esta parte esencial de las construcciones, haciendo un estudio previo y profundo del terreno, una elección cuidadosa de los materiales y poniendo gran esmero en la mano de obra. Legalmente son responsables, de los accidentes que puedan ocurrir, los aparejadores y arquitectos.

El constructor encuentra, en las excavaciones que necesitan las obras, terrenos de varias clases desde los puntos de vista de la composición y resistencia, del espesor de las capas geológicas y del agua que éstas puedan contener. Debe, pues, teniendo en cuenta el peso del edificio que quiere construir, preocuparse de la repartición de las cargas en relación con el grado de compresibilidad del terreno.

Considerados desde el punto de vista del establecimiento de las cimentaciones, se clasifican los terrenos en dos categorías: terrenos *incompresibles* y terrenos *compresibles* (cieno, turba, tierra vegetal). Los primeros presentan dos especies diferentes: terrenos *incompresibles y no deleznables* (rocas, piedras); y terrenos *incompresibles y deleznables* (arena, grava, guijos, arcilla compacta, etc.).

Terrenos de roca.—Los terrenos denominados incompresibles son: las calizas, los esquistos o pizarras y las rocas en general.

Sobre estos terrenos—después de estar seguros de que el espesor del banco responde a la importancia del edificio, pues podría existir debajo un terreno compresible—se puede cimentar directa-

mente tomando solamente la precaución de nivelar bien el lecho de fundación. Sin embargo, es preferible siempre penetrar ligeramente en el terreno, lo que impide cualquier deslizamiento y evita que se descalcen los muros, si se hacen algunos trabajos por debajo del piso de los sótanos. Los muros construídos sobre estos terrenos no necesitan zampeados (fig. 1).

La carga que se puede hacer soportar a estos terrenos es casi ilimitada; suponiendo una resistencia de 20 kilogramos por cm², se llega a 200000 Kg, como carga que puede insistir, con seguridad, sobre 1 m² de terreno incompresible.

Para una construcción importante es necesario descender hasta un banco de roca, si se encuentra. Si éste se halla a una profundidad muy grande, se cimenta sobre pilares, como veremos más adelante; si la roca es inaccesible, se recurre a los pilotes, emparrillados, etc., que examinaremos después.

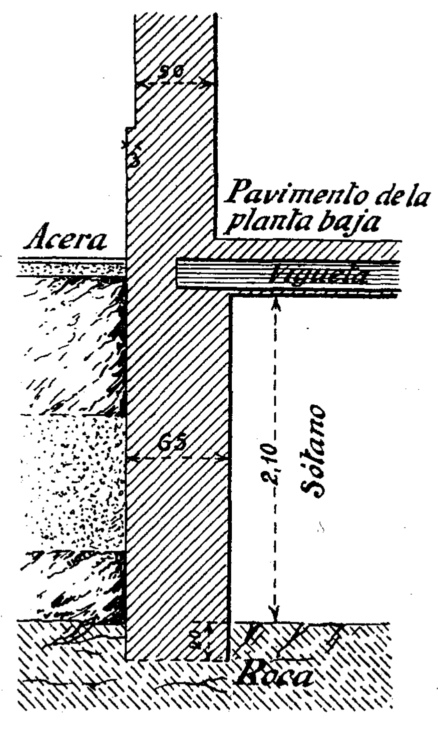


Fig. 1.
Cimentación sin zampeado.

Terrenos de grava.—Los terrenos de grava son *incompresibles y no deleznables,* están compuestos de guijos, gravilla y arena; algunas veces, estos tres elementos están aglomerados por una especie de limo, constituyendo un verdadero hormigón. Otras veces, cuando están integrados por elementos menudos y húmedos, no presentan ninguna consistencia.

Cuando son consistentes, estos terrenos pueden soportar con seguridad hasta 5 Kg por cm² o 50000 Kg por m².

Terrenos arenosos.—*Incompresibles y deleznables.* La arena procede de la desagregación de los granitos, areniscas y calizas arenáceas. Esta desagregación se produce espontáneamente o por la acción mecánica de las aguas sobre los depósitos diluvianos y los restos de todas clases que arrastran.

Los terrenos arenosos son incompresibles si están en grandes masas o si están contenidos, pues de otro modo, no ofrecen cohesión alguna y cada grano desliza sobre el otro si hay presión, y la masa entera se deforma. Regados con exceso y apisonados pueden cargarse con 2 Kg por cm² o 20000 Kg por m².

Cuando los terrenos arenosos están embebidos de agua, se les llama *arenas movedizas* y no tienen consistencia.

Estas arenas están impregnadas de agua procedente de las capas

de arcilla impermeables; la capa inferior del estrato de arena se encuentra así diluída constantemente y forma con la arcilla una especie de limo que se mueve bajo las menores presiones.

No se puede construir sobre estos terrenos sino después de darles solidez por medio de pilotes y tablestacas.

Terrenos arcillosos.—*Compresibles,* y a veces peligrosos para el constructor. La arcilla es una substancia mineral compuesta de sílice, alúmina y agua; procede de la descomposición de los granitos, gneis y pórfidos. La arcilla pura o caolín está siempre acompañada, en proporciones diversas, de materias extrañas: arena, óxido de hierro, carbonato de cal, etc., y se convierte en *tierra arcillosa.*

El agua influye considerablemente en las cualidades de esta naturaleza de terrenos.

Los terrenos arcillosos secos o poco húmedos son, casi siempre, duros y resistentes. Pasan, en seguida, de este estado al de barro, según que estén más o menos cargados de agua. Un fuerte chaparrón es suficiente, a veces, para hacerlos pasar del estado sólido al plástico, por lo menos en cierto espesor. No debe construirse nunca sobre arcilla que sea susceptible de mojarse por aguas cualesquiera.

Terrenos limosos y margosos.—Son peores aún que los terrenos arcillosos; ordinariamente están formados de arcilla y marga o arcilla caliza. Siempre están impregnados de agua, por lo que son muy malos para construir y no ofrecen seguridad alguna, aun para construcciones poco pesadas, más que dando a las cimentaciones un zampeado considerable.

En resumen—aparte del examen y estudio del terreno que debe hacerse antes de comenzar una construcción, aunque sea de poca importancia—se pueden considerar, en general, como terrenos buenos: los de *roca, toba, pizarra, grava, arena* (consolidada), *arcilla* (seca y virgen); y como terrenos malos: *las arenas movedizas,* los terrenos margosos, arcillosos, turbosos; los terrenos de acarreo y los terraplenes. Debemos agregar también los terrenos situados sobre canteras y los terrenos minados que casi siempre necesitan subestructuras de consolidación.

RECONOCIMIENTO DEL TERRENO

En las construcciones de poca importancia, es decir, en las que no carguen mucho el terreno, el constructor podrá prescindir de sondeos propiamente dichos; primeramente hará un pozo, si la construcción lo merece, o bien abrirá la excavación de los cimientos o sólo una parte de ella para darse cuenta de la naturaleza del terreno y

juzgar de su calidad, es decir, de su dureza y coherencia (ya por la resistencia que oponga a la pala o al pico, ya batiéndolo por medio de un instrumento pesado; en este caso, el sonido y el grado de compresibilidad del terreno serán datos muy útiles); por último, ciertos constructores estiman la resistencia del terreno haciendo penetrar en él un pilote de hierro o de madera con azuche de hierro.

Exceptuando la tierra vegetal, las margas y las turbas, fáciles de reconocer en seguida que se empieza a excavar y que son defectuosas para construir buenas cimentaciones, se puede considerar como terreno bueno, en general, a todo terreno sólido y duro cuyas capas inferiores sean aproximadamente horizontales e inaccesibles a las filtraciones de agua.

SONDEOS

La primera operación que hay que hacer, ya lo hemos dicho, es el sondeo del terreno.

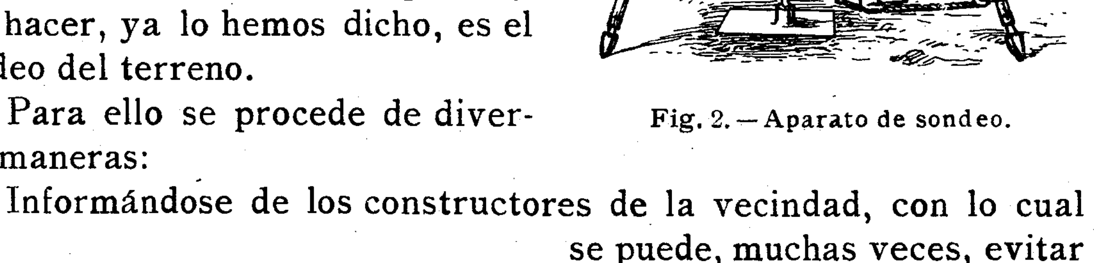
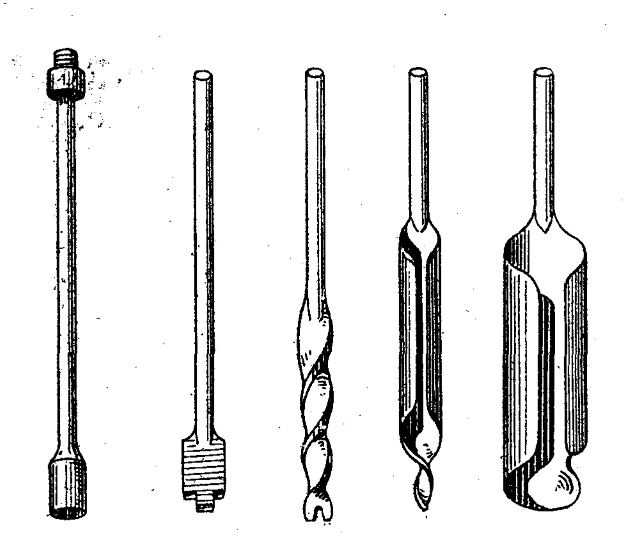


Fig. 2.—Aparato de sondeo.

Para ello se procede de diversas maneras:

Informándose de los constructores de la vecindad, con lo cual se puede, muchas veces, evitar el trabajo.



Figs. 3, 4, 5, 6 y 7.—Útiles de sondeo.

Practicando un pozo que suministrará, si fuere necesario, agua para la construcción.

Empleando la sonda, instrumento destinado a perforar, en terrenos cualesquiera, agujeros de pequeño diámetro (figs. 2 a 7) y que desciende algunas veces hasta 200 metros de profundidad, como sucede por ejemplo en la apertura de pozos artesianos.

En la práctica de la construcción se encuentra el terreno bueno a menores profundidades, afortunadamente; además, puesto que sólo se busca un terreno sólido, es preferible perforar varios pozos o agujeros, en lugar de uno solo, disponiéndolos de modo que puedan utilizarse luego al hacer el vaciado.

Una vez que se alcance terreno firme, habrá que comprobar siempre el espesor del banco, cerciorándose de que no hay debajo una capa compresible, o agua, o incluso cavidades. Para esta operación se puede emplear la barrena de cuchara.

La figura 3 representa una *alargadera del vástago,* la figura 4 un *trépano de pezón* para rocas duras, la figura 5 otro para rocas arcillosas, la figura 6 una *barrena de cuchara* para arcillas compactas, margas, etc., y la figura 7 otra para rocas blandas y arenas arcillosas.

EXCAVACIONES

Las excavaciones se hacen por capas sucesivas de unos 40 cm de profundidad. En ciertas ocasiones, se desmonta de una vez todo el espesor de tierras hasta la rasante del camino o calle y avanzando horizontalmente hasta el fondo del solar; al llegar a éste, se excava el sótano retrocediendo, pero conservando un plano inclinado para permitir el acceso de los volquetes. En las excavaciones importantes se conservan, en los sitios indicados por la conformación del terreno, *testigos* o *damas,* pequeñas eminencias de tierra en forma de pirámide truncada o de cilindro, que sirven para comprobar la configuración que tenía el terreno antes de comenzar los trabajos.

Efectuada la excavación y alcanzado el nivel de los sótanos, se enrasa la explanación y se replantean las zanjas de los cimientos. Éstas deben abrirse y apisonarse cuidadosamente. Las zanjas profundas son muy peligrosas cuando se practican en terrenos que se desmoronan, de modo que, después de examinado el terreno, conviene darles cierto talud, como hemos dicho arteriormente, y emplear si es necesario los medios de consolidación indispensables para velar por la seguridad de los obreros.

La *excavación de pozos* se hace por obreros especialistas. Se empieza abriendo un hoyo circular bastante grande para que permita trabajar a un hombre en el fondo con el pico y la pala, es decir, de 1,20 a 1,30 m aproximadamente.

Al llegar a cierta profundidad, si el terreno es bueno, o inmediatamente si es malo, el pocero hace una entibación con tablas de 2 m de largo, sosteniéndolas por medio de tres aros de hierro extensibles, que el obrero cierra y ensancha por medio de cuñas. En los terrenos muy flojos se emplean de un metro de longitud solamente, puesto que el terreno no se sostendría en una altura de dos metros.

La extracción de las tierras se efectúa por medio de un torno, y los productos de la excavación se suben en cubos (fig. 8).

La *excavación por debajo de obras* que el constructor tiene

necesidad de practicar muchas veces, es de una ejecución muy delicada y exige mucha prudencia. Esta clase de excavación se hace cuando hay que construir a una profundidad mayor que la del edificio contiguo ya existente, por lo que es preciso ahondar el muro de dicho edificio hasta el mismo nivel de los muros de la nueva construcción.

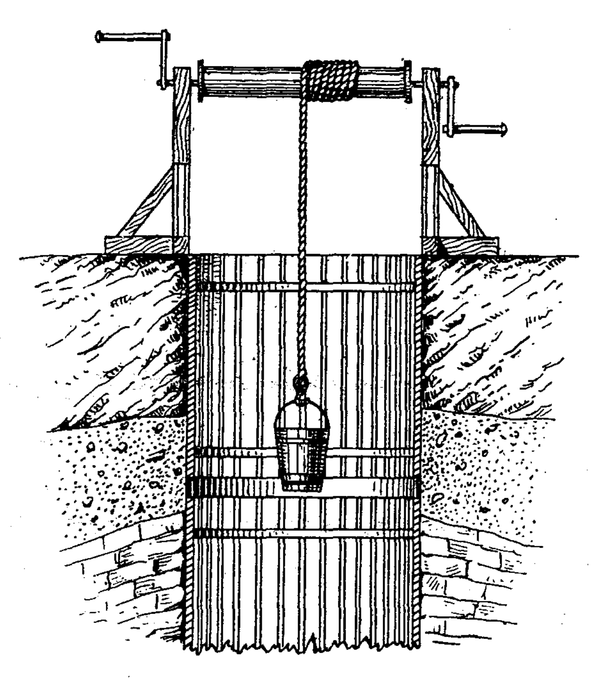


Fig. 8. — Excavación de pozos. Torno.

En las construcciones ordinarias se puede evitar el recurrir al apuntalamiento con maderos que, en cambio, es indispensable cuando el peso de las fábricas que deben quedar suspendidas es considerable, o debajo de ciertos puntos de apoyo esenciales, un dado de piedra, por ejemplo. Pero, en los trabajos corrientes, se cuenta con la cohesión adquirida por la fábrica del muro que se ahonda, y se procede excavando debajo del muro, en una longitud de 1 m aproximadamente, y macizando con fábrica en seguida; se hace después lo mismo en otro metro de longitud tan distante como sea posible del anterior, de manera que el mortero presente bastante consistencia cuando la nueva fábrica empiece a sostener la carga del muro, pues, de lo contrario, podría producirse un asiento que acarrearía accidentes en la construcción vecina, desnivelaciones, grietas, etc.

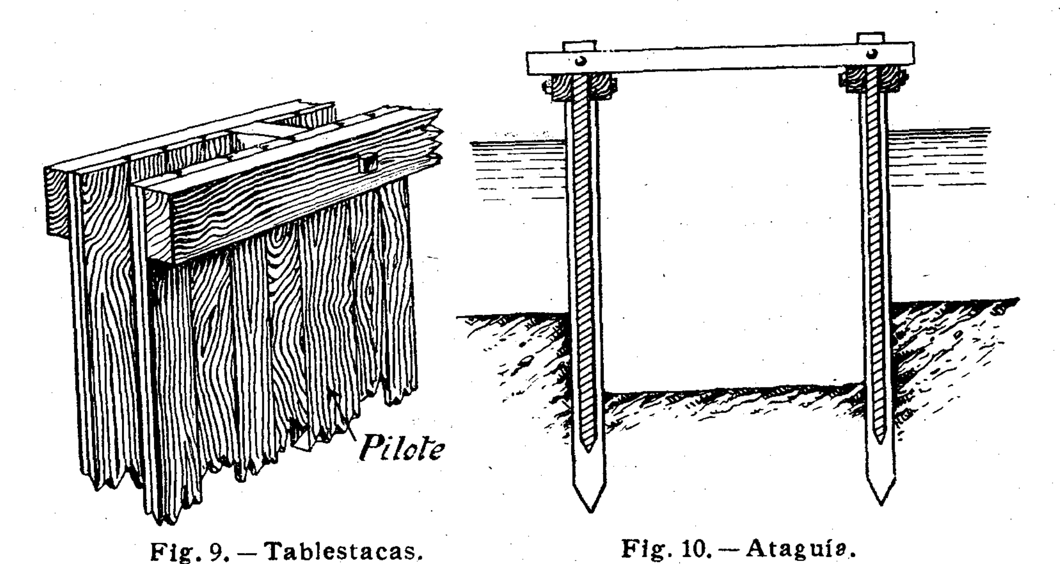


Fig. 9. — Tablestacas. Fig. 10. — Ataguía.

La *excavación en el agua y debajo del agua* se hace por medio de dragas y se practica tanto en los terrenos que no pueden dejarse en seco como debajo del agua. Después de hecho el dragado se

hincan dos filas de pilotes, paralelas entre sí y colocadas a una distancia que está determinada por la forma y dimensiones de la fábrica que hay que construir. A lo largo de los pilotes se hincan filas de tablestacas que forman una doble pared (fig. 9) y constituyen un encofrado que se rellena con arcilla o cualquier otra materia plástica, propia para impedir el paso del agua. Esta tierra grasa se coloca por capas de 35 cm aproximadamente y debe apisonarse muy bien. También se hacen tablestacados de pared sencilla y dispuesta como se ve en la figura 10.

El conjunto de estas operaciones constituye una *ataguia* (fig. 10). En los trabajos de río, la separación de las paredes estancas está determinada por la fuerza de la corriente, que es más o menos rápida y tiende a volcar la ataguía.

La separación entre las ataguías depende de la importancia de las obras que se han de efectuar y del sitio necesario para los obreros.

Cuando se termina la ataguía, se agota por medio de bombas el recinto donde se va a efectuar el trabajo, y después se excava hasta la profundidad que se quiera.

CIMENTACIONES

El material y espesor de los *muros* de un edificio han sido ya determinados al hacer el estudio del proyecto y según la importancia de la construcción y las cargas que han de soportar.

Las dimensiones de la *cimentación* que está directamente en contacto con el terreno, dependen del peso para repartir y de la calidad del terreno.

CUADRO DE LAS PRESIONES MÁXIMAS (1)

que pueden soportar con seguridad las substancias que se mencionan

DESIGNACIÓN de las substancias más usuales	PESO Kg/m³	CARGA de seguridad Kg/cm²
Agua (un cuerpo sumergido en el agua pierde 1000 Kg de su peso por cada metro cúbico de agua que desaloja)	1000	—
Cieno (un cuerpo sumergido en el cieno pierde 1600 a 1800 Kg de su peso por metro cúbico de cieno desalojado)	1600 a 1800	—
Tierra vegetal mediana (después de consolidarla por apisonado de arena mojada hasta saturación)	1200 a 1600	2

(1) Los datos de esta tabla, hasta la *arena semihúmeda,* se han tomado de la obra de J. Dubosque, *Murs de soutènement;* los siguientes, desde *marga* hasta el final, son de Seyrig, *Statique graphique.*

DESIGNACIÓN de las substancias más usuales	PESO Kg/m³	CARGA de seguridad Kg/cm²
Tierra con arena, escombros, cascajo (después de consolidarla por apisonado de arena mojada hasta saturación)	1600 a 1800	2
Esquisto silicioso, calizo, etc., no susceptible de formar barro	1800 a 2000	4
Tierra arcillosa, que pueda formar barro, en seco (en estado de pasta no puede soportar carga alguna).	1800 a 2000	4
Arena semihúmeda o gravilla no diluíble e incompresible (consolidadas)	1800	6
Marga	1570 a 1640	—
Arcilla saturada de agua	1650 a 1900	—
Arcilla seca	1500 a 1600	6
Fango húmedo	1600 a 2000	—
Tierra fuerte	1200 a 1400	—
Tierra vegetal	1000 a 1300	1
Tierra húmeda	1600 a 2000	—
Gravilla, guijos	1350 a 1500	4 a 6
Gravilla terrosa.	1900	2 a 5
Arena fina y seca	1400 a 1600	2 a 6
Arena húmeda	1900 a 2000	2 a 6
Cieno	1650	—
Macadam de pórfido o de granito.	1800 a 2000	—
Macadam de piedra caliza	1500 a 1800	—

Cargas que puede soportar el terreno.—La tierra, como todas las materias, puede estar sometida a un esfuerzo de compresión, que varía con la naturaleza del terreno, desde la roca más dura hasta las margas casi líquidas.

La resistencia del terreno es extremadamente variable y aconsejamos que se experimente siempre antes de clasificar el terreno en una categoría, ya comprobada pero que, realmente, puede presentar sólo una remota analogía con el terreno sobre el cual se quiere construir.

Por lo demás, es muy sencillo hacer el experimento por sí mismo y darse cuenta de lo que puede soportar un terreno, por centímetro cuadrado.

Sobre el terreno que parece bueno, después de quitar la tierra vegetal y de apisonar el fondo ligeramente, se dispone una especie de mesa con cuatro pies que tengan cada uno 50 cm de largo y sección cuadrada de 10 ó de 20 cm de lado, después se carga el tablero hasta que los pies se hundan ligeramente en el terreno; el peso necesario para llegar a este fenómeno es el límite de la resistencia.

Supongamos, por ejemplo, que el terreno ha de soportar una construcción cuyo peso total repartido por metro cuadrado de superficie de cimientos produce una carga de 40000 Kg.

Supongamos ahora que le hemos dado a los pies que sostienen el tablero de nuestro experimento una sección de 20×20 cm, lo que da: $20 \times 20 \times 4 = 1600$ cm², y que el terreno ha cedido bajo una carga de 20000 Kg, que equivale a 12,50 Kg por centímetro cuadrado.

Ahora bien, es prudente no cargar el suelo más que con $^1/_{10}$ del peso que ha determinado la depresión, lo que nos da solamente 1,25 Kg/cm², mientras que la carga de la obra vale 4 Kg/cm².

Sólo tenemos en este caso dos soluciones: continuar excavando hasta encontrar terreno firme, es decir, una capa que pueda soportar 4 Kg/cm² o aumentar la base de sustentación de modo que se obtenga una repartición de presiones tal que no pase de 1,25 Kg por centímetro cuadrado.

Por tanto, operando sobre la longitud de 1 m, sería necesario dar a la base de sustentación una superficie de asiento equivalente a $\frac{40000}{1,25} = 32000$ cm² o $1 \times 3,20$ m, que es la que se indica en la fig. 11.

Este ejemplo, en el que hemos exagerado el peso que debe soportar el terreno por una parte y por otra la mala calidad del mismo, es para demostrar que se puede construir sobre un terreno cualquiera, aun en los margosos, pues basta poner una superficie de asiento que esté en relación con la calidad del terreno.

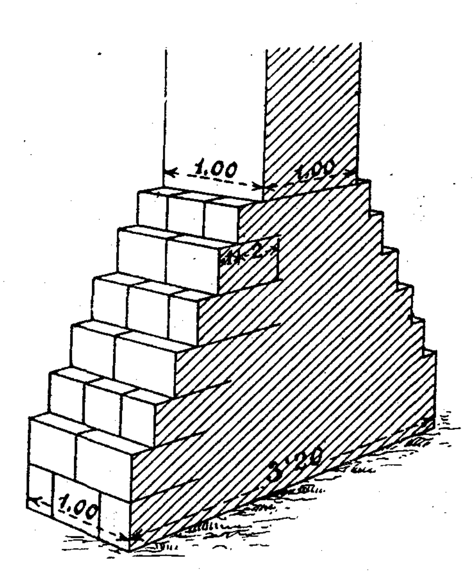


Fig. 11.
Base de sustentación escalonada.

Fórmula de Rankine.—La fórmula de Rankine puede ponerse bajo la forma

$$P = H \times d \times k$$

en la que:

P es la carga, en kilogramos, que puede soportar el terreno por centímetro cuadrado,

H la profundidad de la cimentación, en metros,

d el peso de la tierra, en toneladas por metro cúbico, o densidad,

k es un coeficiente que depende del ángulo de rozamiento a o talud natural del terreno y que se puede calcular por la fórmula:

$$k = \frac{1 + \text{sen}^2 a}{10 (1 - \text{sen } a)^2}.$$

La tabla siguiente contiene las densidades medias, los ángulos de rozamiento y los valores de k más generalmente admitidos.

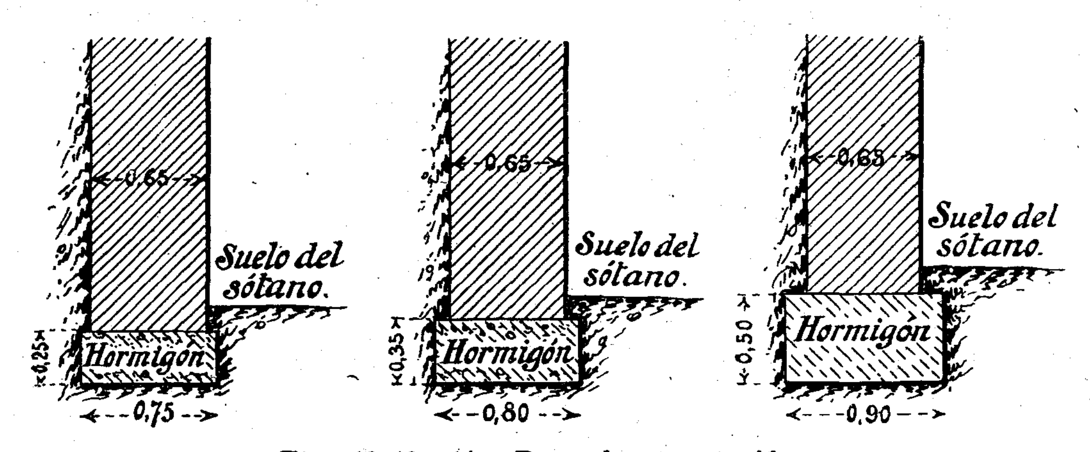
NATURALEZA DE LAS TIERRAS	Densidad media d tons./m³	Ángulo de rozamiento a	Valores de k
Greda y arcilla compacta . . .	1,90	65°	20,6
Terrenos muy asentados	1,80	60	9,73
Tierra franca.	1,50	50	2,91
Tierra vegetal ligera y ligeramente húmeda.	1,40	43 a 44	1,45 a 1,60
Afirmado humedecido.	1,60	35 a 40	0,735 a 1,10
Gravilla humedecida	1,86	25	0,353
Arena pura y muy seca	1,90	21	0,274
Arcilla humedecida	1,98	17 a 20	0,217 a 0,257
Cieno fluído	1,65	10	0,151
Agua.	1,00	0	0,100

Ejemplo: Una cimentación de 1,00 m de profundidad, hecha en tierra vegetal ordinaria, puede sostener:

$$P = H \times d \times k = 1,00 \times 1,40 \times 1,5 = 2,10 \text{ Kg/cm}^2.$$

Pero si admitimos, para carga de seguridad, sólo la décima parte de la carga límite que hemos calculado, encontraremos que la cimentación referida sólo puede soportar 0,21 Kg por centímetro cuadrado.

Cimentaciones sobre terrenos incompresibles.—Cuando se trata de un terreno de roca o de toba, es inútil dar base de sustentación a los muros; se podría incluso prescindir de las zanjas, pero éstas tienen la ventaja de evitar que se descalcen los muros cuando se practican ciertos trabajos en los sótanos, y además hacer más difíci-



Figs. 12, 13 y 14.—Bases de sustentación.

les todos los movimientos o deslizamientos que pudiera producir una causa cualquiera. En las construcciones usuales de casas se da ordinariamente 65 cm de espesor a los muros principales. El darles más o menos base de sustentación depende de la calidad del terreno (figuras 12, 13 y 14).

Las zanjas, cuando las hay, pueden rellenarse de hormigón, por

capas de 20 cm y apisonando bien. Aparte de la economía que proviene del empleo del hormigón, creemos que también es recomendable desde el punto de vista de que se moldea en la zanja y adopta todas las formas, rellena todas las cavidades y reparte las cargas mejor que una mampostería que, salvo cuidado especial, deja siempre que desear.

Los muros de cimentación, de cualquier clase, deben hacerse siempre con morteros hidráulicos.

Los terrenos suficientemente resistentes para soportar grandes cargas no están siempre a flor de tierra, y en muchos casos habría que descender las cimentaciones ordinarias a profundidades que pueden ser considerables (a veces hay que renunciar a encontrar el buen terreno). Entonces hay que recurrir a la cimentación *sobre pozos*. Es preciso determinar en el plano los puntos más cargados y, espaciándolos de 3 a 4 m entre ejes, abrir pozos que lleguen al

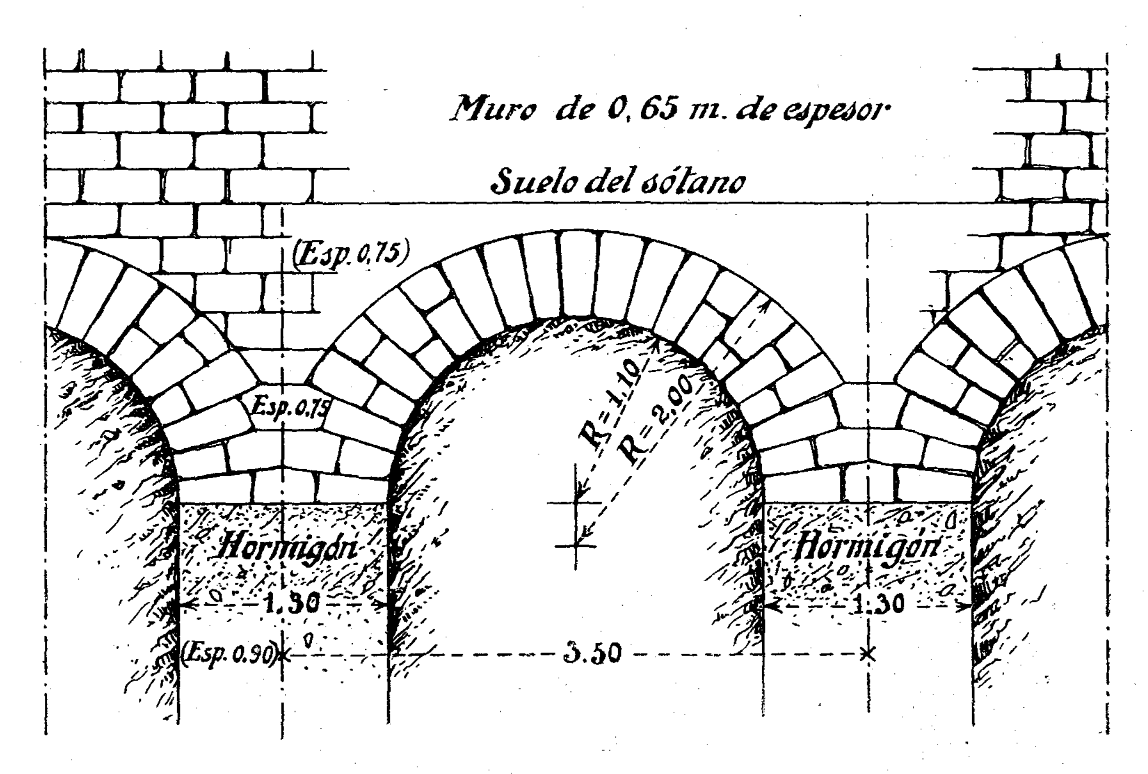


Fig. 15. — Cimentación sobre pozos.

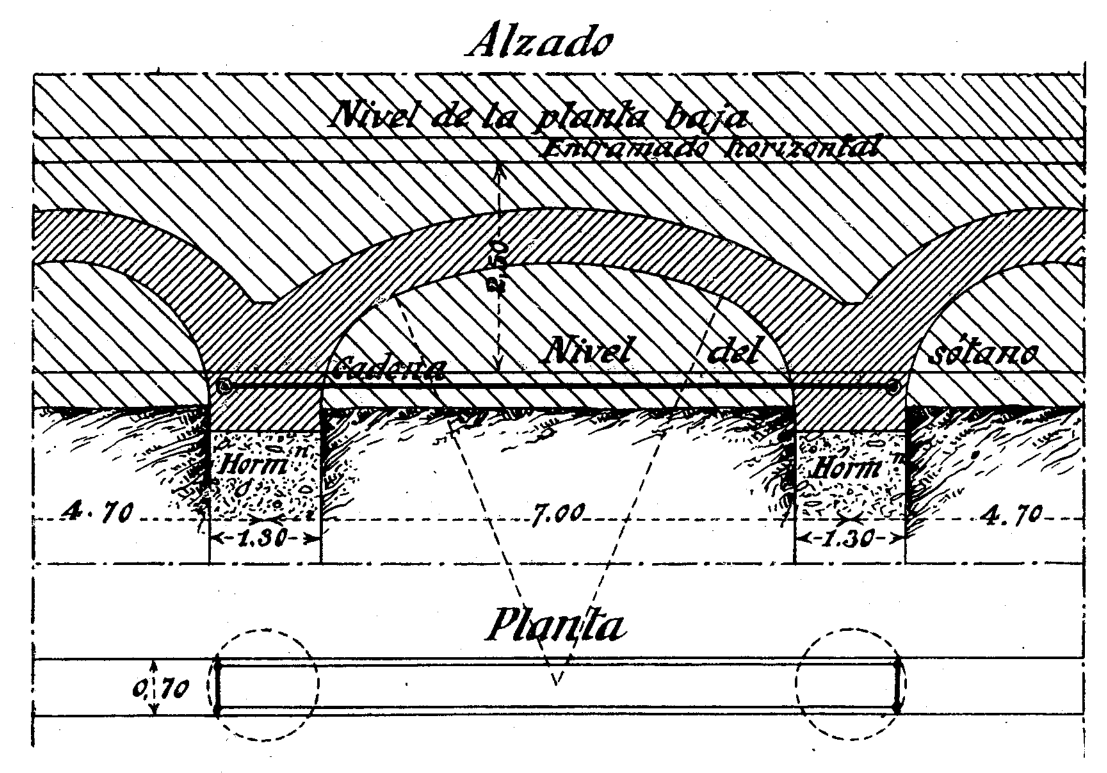
terreno firme, o roca, teniendo cuidado de penetrar en la masa unos 30 a 50 centímetros.

Estos pozos son de sección rectangular o circular; antes hemos indicado la dimensión mínima que permitía a un hombre trabajar con comodidad, pero es claro que la sección de estos pozos variará con su número y con la carga que deban soportar.

En las construcciones ordinarias, el diámetro de los pozos varía entre 1,20 y 1,30 m. Los de los ángulos tienen casi siempre 1,40 m. Los pozos no cilíndricos pueden ser rectangulares, como ya hemos indicado, o bien cuadrados. Deben colocarse en los puntos más carga-

dos: ángulos de los edificios, entrepaños y en las intersecciones de los diversos muros.

Después de hechos los pozos se rellenan de hormigón bien apisonado por capas de 20 a 30 cm de espesor hasta una altura que está determinada por la flecha de los arcos que se voltean entre los mismos para sostener la fábrica cuyo peso se refiere de este modo a los pozos, que son una especie de grandes columnas invisibles que sopor-



Figs. 16 y 17. — Cimentación sobre pozos.

tan el edificio (fig. 15). La cimbra de los arcos de la cimentación está formada por la misma tierra.

Para hacer estos arcos se le da forma de cimbra al terreno que hay entre dos pozos sucesivos, se riega y apisona; después se ejecutan las pequeñas bóvedas con cuidado y con buenos materiales.

Cuando los pozos están muy espaciados y los arcos se eligen de medio punto o elípticos, es necesario encadenarlos a la altura de los arranques de modo que se compensen los empujes, que pueden ser considerables (figs. 16 y 17). Debe cuidarse de que los tragaluces no debiliten los arcos.

Cimentaciones sobre terrenos compresibles. — Se aumenta muchísimo la resistencia de un terreno regándolo y apisonándolo fuertemente. Precisamente con las lluvias sucesivas y por un asiento lento, adquieren los terraplenes cierta consistencia. El apisonar el terreno es casi siempre preferible y menos costoso que el pilotaje, dice Rondelet, porque el apretamiento de las partículas que desde el principio produce este último sistema ocasiona un roza-

miento tan considerable, que se opone a la hinca de los pilotes, de tal manera que éstos dejan de ceder al choque de la maza, antes de haber llegado al terreno firme. Este apretamiento levanta, por decirlo así, el espesor de tierra en donde se clavan los pilotes empujando contra las tierras vecinas; pero como estas tierras ceden con el tiempo, la capa peraltada desciende por los esfuerzos continuos de la carga, ocasionando asientos que sorprenden, sobre todo cuando se han tomado todas las precauciones necesarias para hacer este pilotaje según la costumbre. Por el contrario, es menester observar que el apisonado de los terrenos compresibles y de la fábrica de los cimientos construída encima (hormigón apisonado, por ejemplo), produce previamente el asiento de que son susceptibles, y los hace bastante firmes para resistir la carga que deben soportar sin que haya temor de reacción.

Sin embargo, la compresión del terreno no se puede efectuar más que en el caso de que el subsuelo sea de naturaleza uniforme; en dicho caso se obtiene aquélla por carga, batido o apisonado.

Siendo

P carga en Kg que por cm^2 puede soportar el terreno comprimido,
G peso de la masa en Kg,
c coeficiente que depende de la altura h (en metros),

se tiene:

$$P = 9{,}5\, G\, c.$$

TABLA QUE DA EL VALOR DE c PARA DISTINTOS VALORES DE h

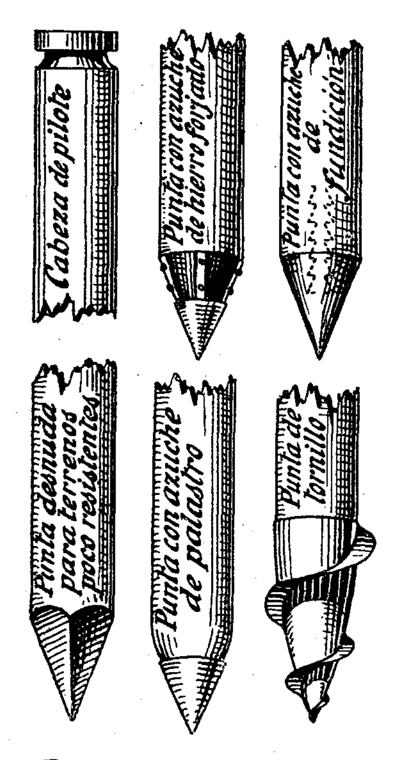
h en metros	c	h en metros	c	h en metros	c
0,32	11,47	2,60	32,37	4,87	44,30
0,65	16,20	2,92	34,34	5,20	45,76
0,97	19,82	3,25	36,19	5,52	47,17
1,30	22,90	3,57	37,96	5,85	48,53
1,62	25,59	3,90	39,63	6,17	49,86
1,95	28,02	4,22	41,25	6,50	51,15
2,27	30,28	4,55	42,80	7,80	56,03

Sobre las *arenas movedizas* no se puede construir sino después de haberlas contenido por medio de pilotes o de tablestacas, teniendo cuidado de hincarlos bastante para que los movimientos no puedan hacerse por debajo de la barrera protectora. Para cimentar sobre este terreno es necesario que, sobre toda la superficie limitada por los pilotes y tablestacas, se haga un verdadero muro horizontal con una gruesa capa de hormigón o de casquijo con baño de mortero.

Cuando se trata de terrenos anegados de un modo permanente y cuando además el terreno firme está a una gran profundidad, se

puede hacer la cimentación sobre *pilotes*. La cimentación sobre pilotes es posible, en este caso, porque las maderas se conservan indefinidamente cuando están sumergidas y siempre en contacto con el agua.

Para hacer un pilote se escoge un árbol bien derecho, de hilo, de 20 a 30 cm de diámetro, que se aguza y hierra por uno de sus extremos con una punta destinada a asegurar la introducción, y la cabeza se guarnece con un aro de hierro, para impedir que se hienda la madera por el choque repetido de la maza que se emplea para la hinca (figs. 18 a 23). El pilote se hinca por medio de la maza, que es un bloque metálico que se maniobra por medio de un aparato que se llama *martinete,* porque efectivamente, este instrumento tiene algún parecido con el martinete ordinario, por lo menos el *martinete o machina de cuerdas,* que está compuesto de una armazón de madera que sirve para sostener una polea por donde pasa una cuerda, en uno de cuyos extremos está amarrada la *maza*. Por el otro extremo termina en un haz de cordones para que los hombres tiren de cada uno elevando la maza y dejándola caer en seguida, soltando las cuerdas todos al mismo tiempo (figs. 24, 25 y 26).

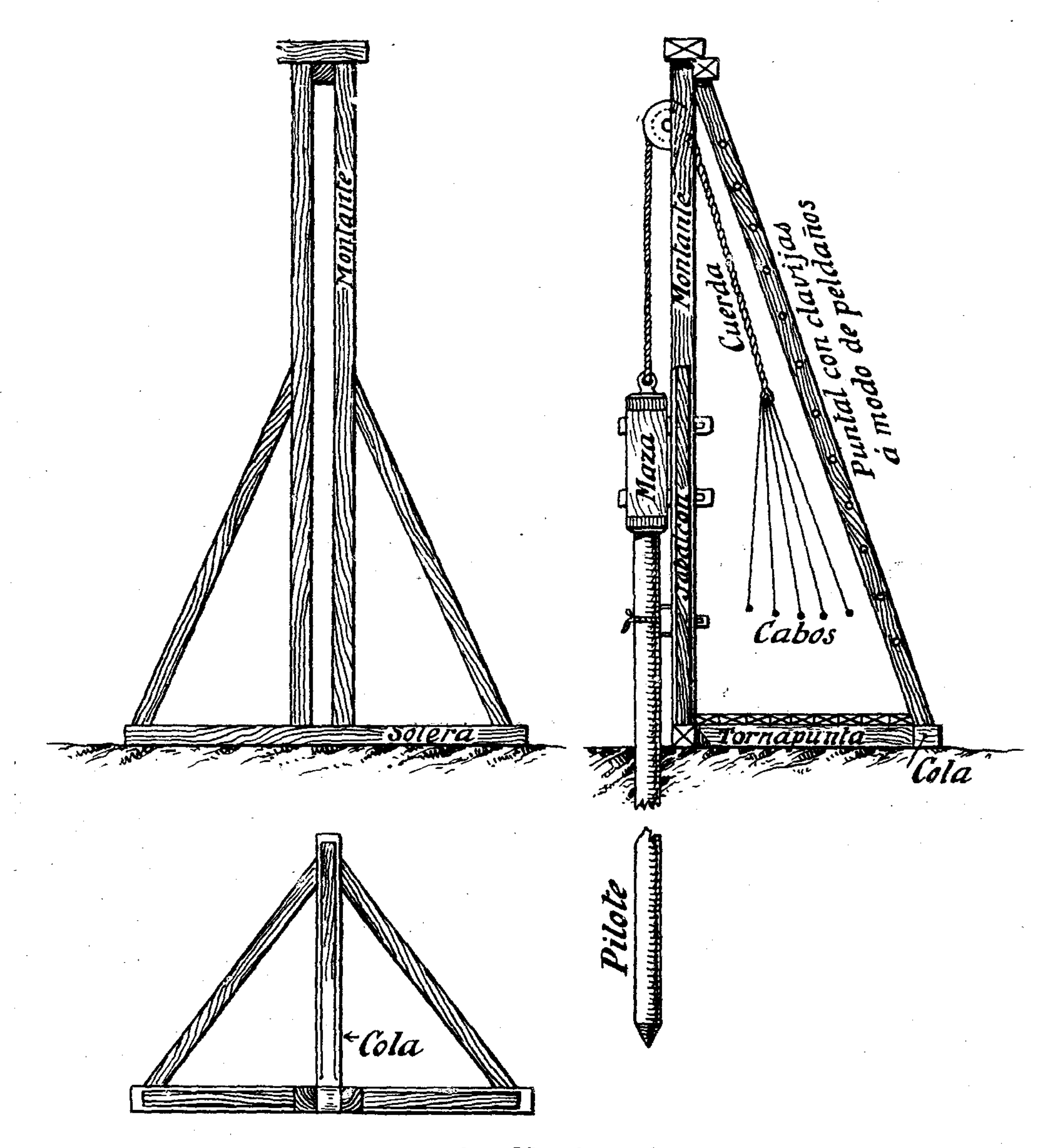


Figs. 18 a 23.—Pilotes.

El martinete de cuerdas da forzosamente una carrera muy pequeña para la maza, por lo que bien pronto se empleó el martinete de trinquete. En éste la altura de caída de la maza puede considerarse como ilimitada; la cuerda, arrollada sobre un torno, eleva la maza, que se desengancha de la cuerda por medio de un trinquete y cae sobre la cabeza del pilote (figs. 27 y 28). También se emplean los martinetes de vapor que son igualmente de trinquete. El autor ha ideado un sistema de martinete para evitar que, después de cada golpe, haya que bajar el gancho para volver a enganchar la maza; toda la diferencia está en que el torno se desembraga del manubrio y deja caer la maza sin necesidad de trinquete. Se comprende que el obrero no tiene que enganchar nada, y para elevar la maza le basta solamente dar vueltas al manubrio.

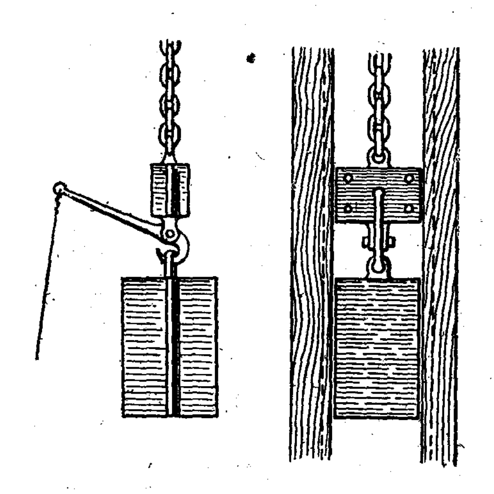
«Otro medio, dice Denfer, que se ha empleado con éxito para hincar los pilotes en una arena compacta, consiste en proveer la punta de los pilotes de un tubo delgado por donde sale el agua que inyecta una bomba impelente. De este modo, la arena cambia de sitio constantemente por delante de la punta del pilote, de tal suerte, que

si se carga convenientemente va penetrando de una manera continua,



Figs. 24, 25 y 26.—Martinete de cuerdas.

casi siempre sin golpes de maza, bajo el peso estático de la misma.»



Figs. 27 y 28.—Trinquete.

Los pilotes se emplean cuando se quiere alcanzar el terreno incompresible sin necesidad de muchos gastos, o también cuando se quiere cimentar sobre terrenos compresibles que es necesario afirmar.

Las maderas más propias para hacer pilotes son: la *encina,* el *haya,* el *aliso,* el *pino,* el *alerce* y el *nogal.* También se hacen pilotes de hormigón armado, que dan muy buenos resultados; se prestan bien para la hinca, para los trabajos en las márgenes de los ríos, para estacadas, muelles, etc.; tienen la gran ventaja de

no pudrirse al nivel del agua, como sucede muy a menudo con los pilotes de madera. Como que se moldean, pueden tener una sección cualquiera, cuadrada, poligonal o circular.

Los pilotes destinados a formar el asiento sólido de una construcción se hincan al tresbolillo y a una distancia de 0,80 a 1,20 m, según el diámetro y la carga que deban soportar. Deben hincarse hasta el *rechazo,* o sea hasta que no penetren más, lo que sucede cuando la parte inferior del pilote ha llegado al terreno incompresible. En los terrenos arenosos o de gravilla penetran los pilotes con dificultad creciente. En este caso, la experiencia indica que un pilote que no penetra más que 3 cm por andanada de diez golpes de una maza de 600 Kg que cae de una altura de 3,60 m, o más de 1 cm por andanada de treinta golpes de una maza del mismo peso, con una carrera de sólo 1,20 m, puede soportar 25000 Kg. Se puede, pues, si esta resistencia se considera suficiente, dado el peso de la construcción, detenerse y considerar esta pequeña penetración como un verdadero rechazo. En estos terrenos, buenos en general, aconsejamos más bien inundar las zanjas, batir fuertemente el terreno y dar una gran base de sustentación.

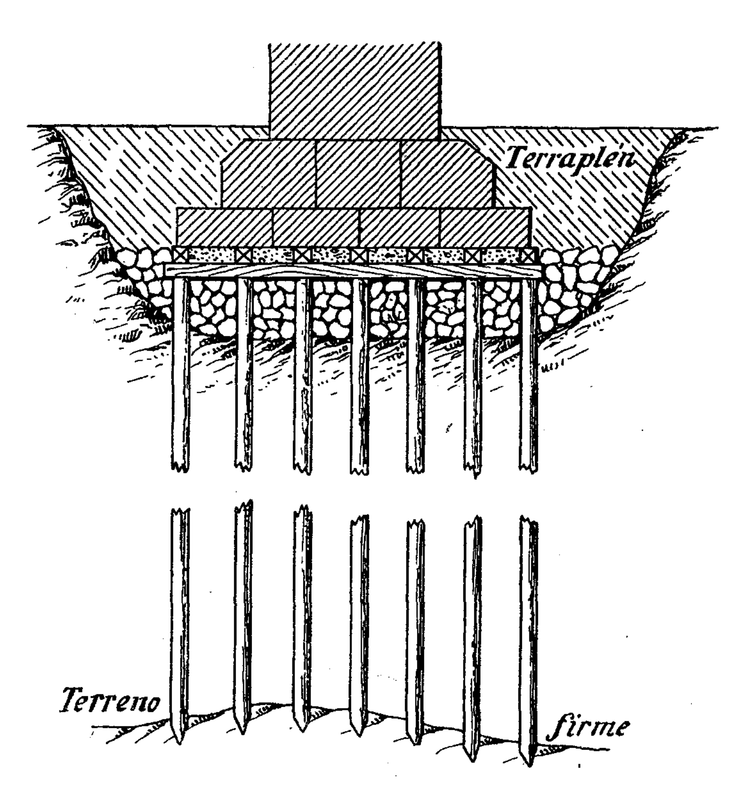


Fig. 29.—Pilotaje.

Después de hincados los pilotes, se procede a *desmocharlos,* que es la operación que consiste en cortarlos enrasándolos en el mismo plano horizontal a la altura que se quiera; luego se retira la tierra removida entre los pilotes y se rellenan estos huecos con una buena mampostería hidráulica, que mantiene la separación entre los pilotes y aumenta el rozamiento que se opone a que penetren más; en seguida, ya enrasadas la madera, la fábrica y la tierra, y apisonada esta última, se coloca encima de las cabezas un emparrillado de largueros, sobre los cuales se dispone una plataforma de maderos, para apoyar la construcción (fig. 29).

Para cimentar sobre pilotes en los terrenos compresibles, es necesario aplicar el sistema a una superficie más extensa que la que debe ocupar la construcción. Además, cuando están muy separados los

pilotes, debe empezarse la hinca por las filas exteriores, de modo que comprima bien el macizo que sirve de base al edificio. En otros casos hay necesidad de empezar por el centro, porque estando el terreno demasiado comprimido, dificultaría la hinca y no se obtendría así más que un rechazo relativo y no el absoluto.

El rechazo *absoluto* es el que proviene de la resistencia natural del terreno; el rechazo *relativo* es el debido al rozamiento que resulta de la compresión del terreno por efecto de la hinca de los pilotes, o lo que es lo mismo, por el desplazamiento de la cantidad de tierra que ocupa el pilote.

Se considera que un pilote ha llegado al rechazo absoluto cuando no penetra más de 2 a 4 cm por andanada de treinta golpes de una maza de 400 a 500 Kg, que cae de una altura de 1,30 m, o por andanada de diez golpes de la misma maza, cayendo de una altura de 3,90 m.

Cuando un pilote no penetra más, no hay que creer que ha llegado al rechazo; es menester, para cerciorarse de ello, suspender provisionalmente la hinca y reanudarla unos días después; el terreno muy comprimido ha transmitido su compresión a cierta distancia y puede entonces continuarse hincando el pilote.

Se admite que un pilote de encina o de pino está en condiciones de soportar una carga de 60 Kg por cm^2, cuando no penetra más de 1 cm por andanada de treinta golpes de una maza de 600 Kg que cae de una altura de 1,20 m, o por andanada de diez golpes de una maza de igual peso, cayendo de una altura de 3,60 m. Si la carga que deben soportar los pilotes no pasa de 15 a 20 Kg por cm^2, puede aceptarse un rechazo de 3 cm por andanada.

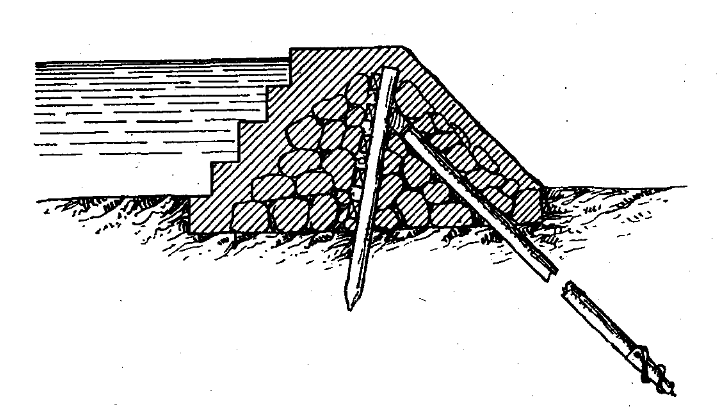


Fig. 30.—Pilotes oblicuos.

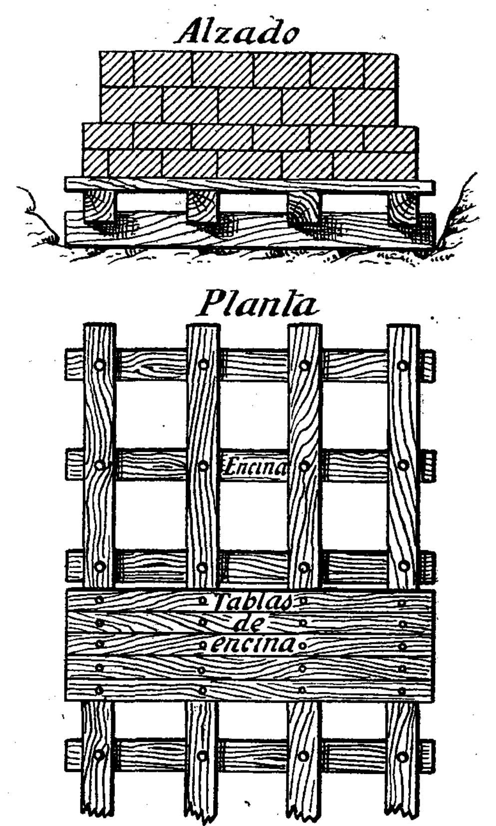
Debemos señalar también el empleo de pilotes de tornillo o de rosca (véase fig. 23), que ofrecen grandes ventajas para ciertos terrenos. Evitan las sacudidas, lo que puede ser muy útil en ciertos casos; además se pueden hincar oblicuamente, es decir, inclinados respecto al horizonte, como se hace en ciertos trabajos marítimos; de esta hinca oblicua resulta una especie de triangulación, muy favorable en los trabajos donde hay que tener en cuenta empujes laterales, empujes del viento o del agua (fig. 30).

El diámetro de la rosca, el paso y el número de espiras se determinan según la naturaleza del terreno; se emplean casi siempre las dimensiones siguientes:

NATURALEZA DEL TERRENO	DIÁMETRO máximo	PASO
	metros	metros
Blando	1,00	0,25 a 0,30
Muy firme	0,60	0,20 a 0,30

Las cimentaciones sobre pilotes y emparrillado se emplean también en los trabajos debajo del agua. El trabajo se hace en una ataguía y los intervalos entre los pilotes se rellenan con fragmentos de roca o mejor de hormigón.

Cimentaciones sobre fango.—La experiencia ha demostrado que es muy peligroso cavar o hincar pilotes en el fango y que, en cambio, se pueden construir encima, de una manera sólida, las cimentaciones de un edificio, colocando un emparrillado de madera cubierto con una plataforma (figs. 31 y 32).



Figs. 31 y 32.—Emparrillado.

Empleando el emparrillado se puede cimentar sobre arcilla, sobre la turba y aun en los terrenos margosos. A veces hay que preocuparse de si el terreno presenta en todas partes la misma resistencia, a fin de que el asiento, si se produce, sea uniforme y no tienda por un asiento parcial a deformar la construcción.

Por otra parte, como siempre es imposible llegar a una repartición exacta de las cargas permanentes y mucho menos de las sobrecargas y cargas accidentales, es menester dar a la armazón que constituye el emparrillado una robustez que responda a todas las eventualidades y encadenar cuidadosamente las construcciones erigidas encima.

El emparrillado sobre el terreno debe hacerse sobre toda la superficie que ocupe la construcción, para asegurar la mejor repartición posible; sin embargo, por razón de economía, se puede hacer sólo debajo de los muros, pero dándole gran anchura, correspondiente al peso que ha de soportar.

El emparrillado se hace por medio de carreras espaciadas de 0,80 a 1,20 m de eje a eje.

Los espacios se rellenan de tierra, de la misma naturaleza, bien apisonada, después se colocan transversalmente y a igual distancia

unas de otras, una segunda serie de traviesas, que se fijan a las primeras con cabillas o clavos grandes, y luego se rellenan los intervalos con tierra fuertemente apisonada.

Encima de este emparrillado, construído del modo explicado, se clava una plataforma de maderos de encina. Sobre esta plataforma se asienta la construcción.

En un terreno arcilloso, es preferible reemplazar los emparrillados de madera, cuya duración es limitada, por un zampeado de hormigón armado. Este es el procedimiento que usualmente se emplea en la actualidad y que da buenos resultados, siempre que se encomiende su ejecución a constructores experimentados.

El hormigón armado puede emplearse también para construir un fondo impermeable a los edificios cuyos sótanos estén a un nivel inferior al de las aguas de un río próximo. En las grandes superficies, entre los puntos de apoyo se voltean bóvedas invertidas para resistir al mismo tiempo a las subpresiones y se practican respiraderos para la salida de los gases que pueden producirse. Estos respiraderos van hasta una altura superior a las aguas más altas, para evitar la introducción de éstas en los sótanos.

Los emparrillados de madera no tienen duración más que cuando se construyen debajo del agua o en un terreno húmedo; cuando están sometidos a alternativas de humedad y sequedad se pudren muy rápidamente, se aplastan desigualmente bajo el peso de la construcción y causan tan graves deterioros como un verdadero asiento del terreno.

Cimentaciones en el agua.—Si el terreno es bastante firme, se puede circunscribir por una ataguía y proceder, para mayor prudencia, por pequeñas partes. Si el terreno es semilíquido se pueden emplear los procedimientos que siguen.

Cimentaciones debajo del agua.—Cuando se ha de hacer un trabajo en el agua, hay necesidad de poner en seco el sitio donde tiene que hacerse el trabajo. Ello se consigue de varias maneras.

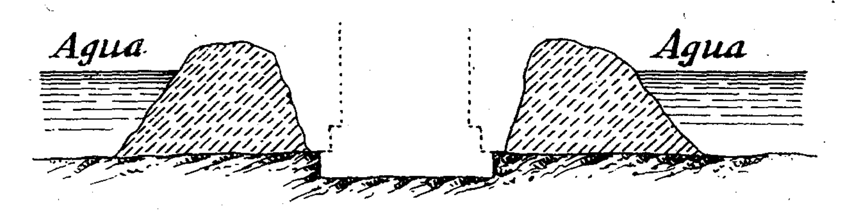


Fig. 33.—Cimentaciones en el agua.

Formando un dique de tierra arcillosa que contornee el sitio designado y agotando y conservándolo seco, por medio de una bomba (figura 33). Cuando se termina el trabajo, se draga el dique, que ya no sirve para nada.

Si la altura del agua pasa de 0,60 a 0,80 m y es mucha la violencia de la corriente, no puede ejecutarse el dique de tierra y hay que reemplazarlo por una obra más resistente, por una ataguía compuesta de dos filas de pilotes y tablestacas, entre los cuales se comprime arcilla para formar un tabique estanco.

Otro medio de cimentar en el agua consiste sencillamente en hacer un encajonamiento. Después de haber dragado el terreno reconocido como bueno, se echa hormigón de modo que rellene el cajón en todo su ancho. Cuando la superficie del hormigón llega a unos 0,30 m por debajo del agua se deja endurecer algunos días, después se tapona con arcilla, se agota y se puede empezar a construir (fig. 34).

Se emplean también cajones impermeables de madera o de palastro.

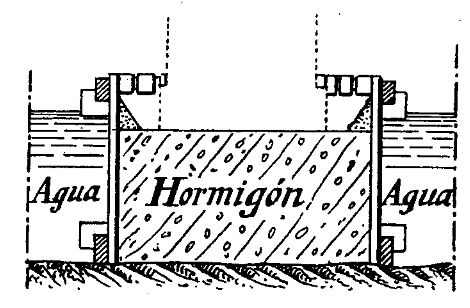


Fig. 34.—Cajón. Ataguía hormigonada.

Empleo de la arena para cimentaciones.—Desde hace muchísimo tiempo, dice Ramée, se ha empleado la arena como medio para repartir el peso de una construcción. De primera intención puede parecer extraño que una materia fluída, por decirlo así, sin cohesión y cuya inestabilidad es proverbial, pueda reportar alguna utilidad en la cimentación de las construcciones, sobre todo recordando que, si no está retenida, apenas puede mantenerse sobre una pendiente cualquiera. Pero precisamente gracias a esta inestabilidad, la arena reparte el peso colocado encima, no sólo en una dirección vertical, sino también en el sentido horizontal; la presión lateral ejercida sobre los costados de la zanja alivia muchísimo la que se opera sobre el fondo.

La cimentación mediante arena no puede practicarse en un terreno muy blando, pues la arena tiende a ir bajando y a hundirse poco a poco. Pero en todos los casos en que el terreno, aunque blando, ofrezca una consistencia bastante grande para que la arena se mantenga aprisionada, su empleo ofrece varias ventajas tanto por lo que hace al coste como a la solidez de la obra.

Hay dos maneras de emplear la arena, en *capas* y en *pilas*. Si se quiere formar una plataforma, se empieza por desmontar el terreno blando en una profundidad de 0,60 a 0,90 m, y se echa en seguida la arena, que se tiene cuidado de apisonar bien por capas y por partes a medida que se va introduciendo; esta operación es necesaria para obligar a la arena a alojarse contra las paredes verticales de la excavación. Si se hace bien este trabajo, el asiento, si lo hay, se producirá uniformemente. La superficie superior de la capa de arena puede protegerse de varias maneras, bien empleando ciertos materiales o bien pavimentándola. Es preciso tener cuidado de que el pie del

muro que se va a construir esté a una profundidad tal, que se encuentre al abrigo de todas las aguas procedentes de la superficie superior del terreno o de cualquier otra causa de ruina.

El empleo de la arena en pilas verticales es un medio muy económico y muy eficaz de asentar los cimientos cuando no se pueda o no se quiera, por una causa cualquiera, hacer uso de maderos. Sin embargo, la arena en pila no sería suficiente en un terreno blando o húmedo, pues se abriría paso a través del terreno que la rodea.

Las pilas de arena se hacen clavando en el terreno pilotes de madera de mediana longitud; se sacan después los pilotes, y los agujeros que dejan se rellenan con arena, que se apisona bien para que el relleno sea lo más perfecto posible. Cuando la solidez de las pilas se debe a la presión del terreno que las rodea, se prefieren las pilas de arena a los pilotes de madera, porque un pilote no efectúa presión más que en el sentido vertical y no ejerce ningún esfuerzo lateral sobre el terreno que atraviesa, más que en el instante de su hinca; por el contrario, las pilas verticales de arena comunican la presión, no sólo al fondo del agujero abierto por el pilote, sino también a las paredes del agujero que rellena, y por tanto actúa sobre una gran extensión superficial.

Encima de la cabeza de las pilas de arena se le da al terreno una disposición muy sencilla. Se puede cubrir con maderos, hormigón o fábrica para impedir que la arena suba y se escape, lo que se produciría indefectiblemente, por la compresión lateral ejercida por las pilas. Sobre la plataforma así establecida, se construyen los muros como de ordinario.

Es conveniente extender una capa de piedra partida, gravilla, arcilla cocida o de cualquier materia dura análoga, por encima de la superficie de cimientos.

Citaremos también las plataformas de fajinas, lastradas con piedras, que emplean con éxito los ingenieros holandeses; las tongas de maderos cruzados y también de carriles, sobre los cuales se construyen las casas de quince y veinte pisos de Chicago y que se parecen mucho a los emparrillados de que hemos hablado.

Además de los medios de repartición de las presiones sobre el terreno y de los empleados para darle mayor consistencia, conviene mencionar también el procedimiento de consolidación de los terrenos inventado por Luis Dulac.

Lo que caracteriza este sistema es la compresión sobre una superficie externa y a una profundidad muy grande—se llega hasta catorce metros—de la masa misma del terreno. De trecho en trecho se establecen pilas de materiales duros o de hormigón, para servir de asiento a las cimentaciones.

La compresión de los terrenos blandos se obtiene por la apertura de una o varias filas de pozos cilíndricos de unos 0,80 m de diáme-

tro, espaciados de 1,50 a 2,00 m de eje a eje, y por la incrustación más o menos profunda en las paredes de los pozos y en su base de diversos materiales, como cisco de tahona, morrillos, ripios de ladrillos o de adoquines.

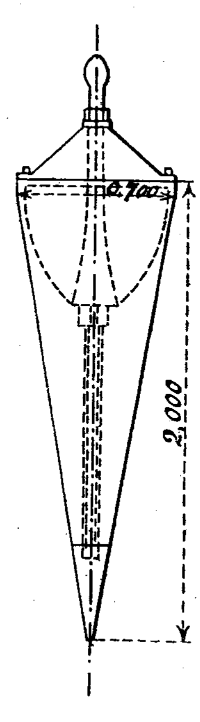
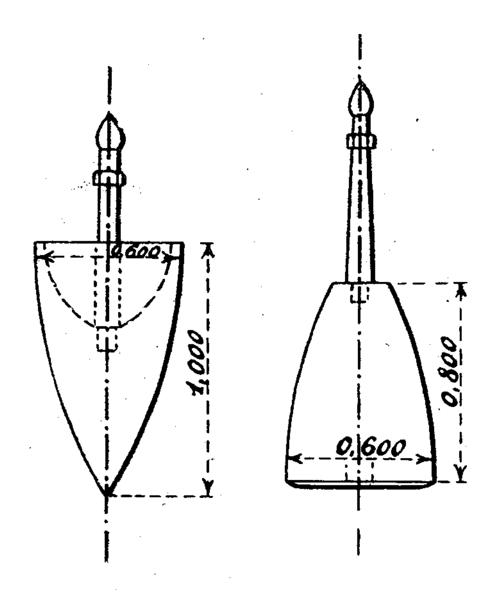


Fig. 35.

Para abrir los pozos se emplea una maza cónica de 1500 Kg, que cae libremente de una altura de 10 a 12 m (fig. 35). La operación se hace con la ayuda de un martinete de vapor, montado en un carrito que corre sobre carriles de modo que se pueda ejecutar una línea completa de pozos.

La maza empleada es de fundición, en forma de cono muy apuntado; tiene una punta de acero y está ahuecada en la parte superior con objeto de asegurar la estabilidad durante la caída. Está provista de una varilla de suspensión que afecta en su extremo la forma de una pera, y en la cadena del torno del martinete hay un pesado trinquete de tres ramas articuladas, que al descender sobre la pera se abren, y después se cierran sobre la semiesfera inferior. Al funcionar el torno y tirar de la cadena, el trinquete coge la pera y eleva la maza. Cuando llega a la altura necesaria para la caída, el trinquete entra en una especie de collar, fijado en los montantes del martinete, se juntan las ramas superiores, se abre y deja caer la maza; después vuelve a descender, coge nuevamente la maza, la eleva para dejarla caer y así continúa funcionando.

Se necesitan 5 horas para abrir un pozo de 12 m de profundidad.



Figs. 36 y 37.

Se substituye entonces la maza cónica por una de 1000 Kg en forma de cono con generatrices curvas parecida a un obús (fig. 36). Se echan en el pozo los materiales destinados a llenarlo, procediendo por capas de 40 a 50 cm de espesor, y se apisonan con la maza que por su forma misma los comprime contra el fondo y lateralmente.

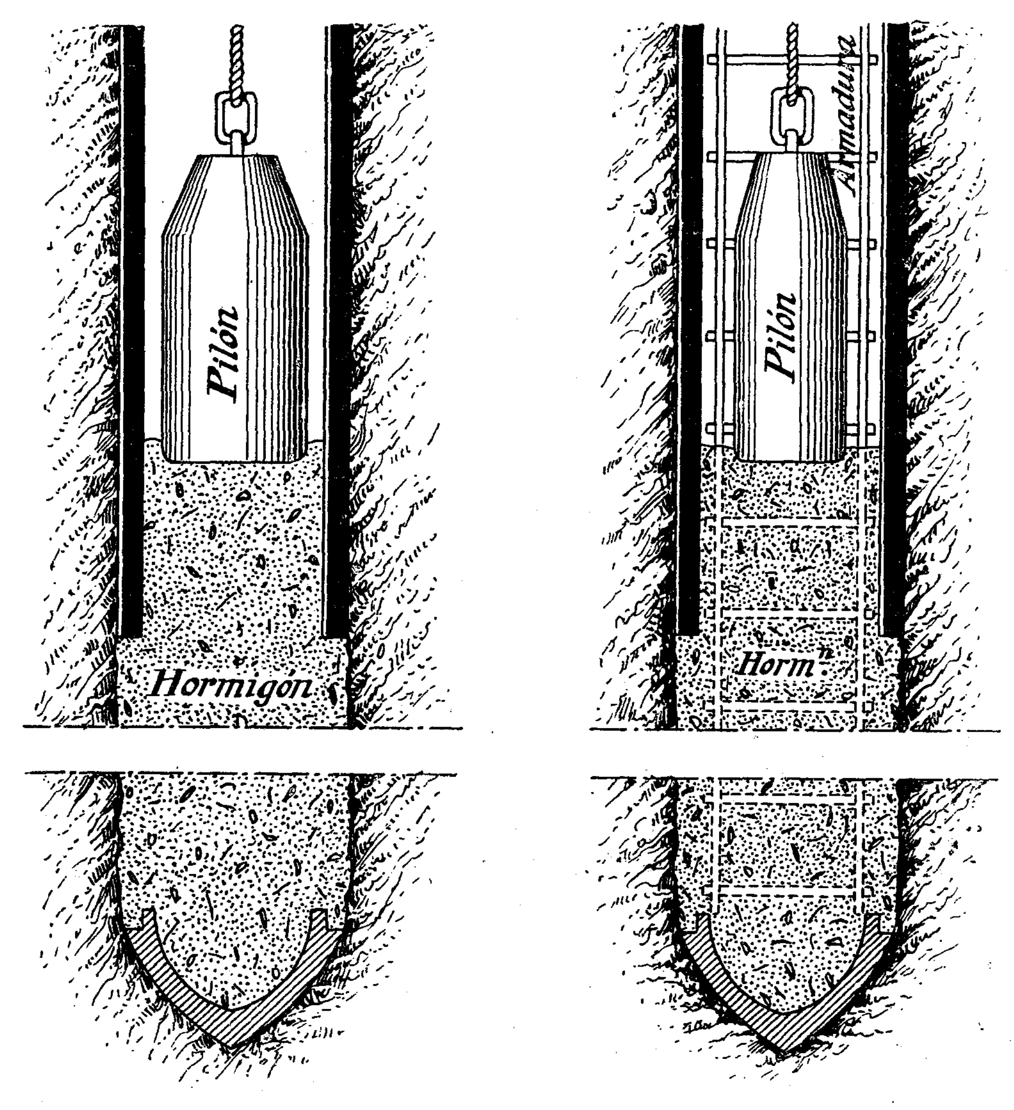
El apisonado se termina por medio de una maza troncocónica de 1000 Kg, que representamos en la figura 37. Midiendo la penetración de esta maza o pilón por una andanada de golpes, se puede estimar, aproximadamente, la resistencia que se ha obtenido y juzgar si corresponde a las cargas que se deben imponer al terreno.

La profundidad a que se consolide el terreno debe estar siem-

pre en relación con el peso que se quiera hacerle soportar. En construcciones poco importantes se comprime hasta 1,50 ó 2,00 m de profundidad, empleándose únicamente el cono de la figura 36 y rellenándose los agujeros con materiales apropiados.

Otro sistema para la consolidación del terreno está representado por los pilotes «Simplex» de hormigón apisonado, armado o sin armar.

Igual que el sistema precedente, los pilotes «Simplex» no convienen para los trabajos en el agua o para pilotes que emerjan del suelo, porque el terreno mismo constituye el molde.



Figs. 38 y 39.

Estamos poco documentados sobre estos pilotes, que tampoco hemos tenido ocasión de emplear, pero nos parece que presentan ciertas ventajas, lo que nos ha inducido a mencionarlos.

El sistema consiste en hincar en el terreno un tubo de acero de unos 40 cm de diámetro, terminado en la parte inferior por una punta de fundición o de acero, que casi siempre se deja en el fondo. Este tubo se hinca por medio de un martinete, lo mismo que si fuera un pilote, después se echa en él hormigón en una altura de dos

metros, luego se extrae un metro de tubo y se apisona el hormigón como indicamos en la figura 38. Hecha esta primera operación, se echan otros dos metros de hormigón y se extrae otro metro el tubo, y así hasta hacer el relleno completo.

Esta clase de pilotes puede hacerse también de hormigón armado, como indicamos en la figura 39. La armadura se hace con montantes y cercos que los ligan entre sí. Las secciones de los hierros se calculan como en las construcciones de hormigón armado, sin tener en cuenta la flexión lateral, toda vez que los hierros están sostenidos por la envolvente de hormigón. Generalmente, se admite que el pilote puede cargarse con 20 a 25 Kg por centímetro cuadrado, y el metal unos 10 Kg por milímetro cuadrado.

En los pilotes que no llegan hasta el terreno firme, los constructores tienen en cuenta la superficie de fricción, y aplican la fórmula siguiente, para calcular la carga que se puede hacer soportar al pilote:

$$C = \frac{WH}{6}\left[\frac{1}{P + 0{,}0254} + \frac{a}{Af} \times \frac{1}{P' + 0{,}0254}\right]$$

en la cual representan:

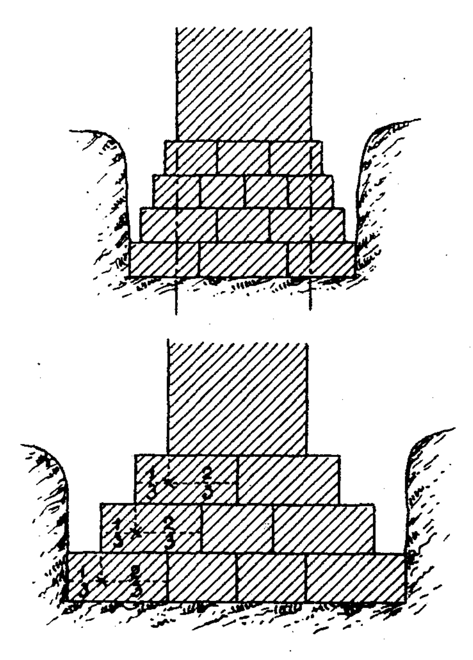
C carga total que puede soportar el pilote, en kilogramos,
P penetración media en los cinco últimos golpes, en metros,
P' penetración media a cada golpe, en metros,
A superficie de proyección de la punta,
a superficie de rozamiento del pilote,
W peso de la maza, en kilogramos,
H altura de caída, en metros,
f coeficiente empírico, igual a 40.

Este sistema presenta varias ventajas. Por la hinca del tubo el suelo se comprime como si fuera un pilote. El apisonado, al comprimir el hormigón, lo incrusta lateralmente en el terreno, lo que hace que toda la superficie cilíndrica en contacto con el hormigón se oponga por fuerte rozamiento a que se hunda, lo cual es una condición favorable, principalmente cuando no se ha llegado hasta el terreno firme. No hay que desmochar, pues se detiene la construcción del pilote a la altura que se quiera. La columna de hormigón apisonado en el terreno, no puede desagregarse, como sucede algu nas veces al hincar pilotes de hormigón moldeados fuera.

Tiene también sus inconvenientes. La extracción del tubo resulta muy penosa. El apisonado, en el caso de tener armadura el pilote, puede quizá deteriorarla, pues la menor desviación de la vertical al caer la maza puede cambiar de sitio o romper los estribos o cercos horizontales que ligan los hierros verticales. Por lo menos este

peligro nos parece posible, agravado por no ser fácil darse cuenta de un accidente de esta clase.

Zampeados.—Después de la consistencia del terreno, el zampeado es el factor más importante para la estabilidad de las construcciones.



Figs. 40 y 41.—Zampeados.

El zampeado es el que reparte el peso de la construcción que se edifica encima, sobre una superficie mayor, lo que disminuye la compresión vertical por unidad de superficie y permite construir sobre un terreno aunque sea poco resistente.

Como hemos dicho, la superficie del zampeado se determina por la calidad del terreno y por el peso del edificio que ha de soportar; pero no basta darle la superficie calculada, es preciso también pasar gradualmente, sin crear puntos débiles, del ancho del zampeado al del muro propiamente dicho, lo que deberá hacerse por el procedimiento indicado en la figura 40. Si se dispone de piedras duras se podría retirar cada hilada un tercio de la longitud del sillar (fig. 41).

Cimentaciones de hormigón armado.— Véanse en el capítulo «Hormigón armado».

CAPÍTULO II

Fábricas en general

Morteros.—Mortero de tierra, tapial, mortero de hornos.—Mortero de yeso: ordinario y tamizado.—Mortero de cal grasa: mortero ordinario, mortero fino.—Mortero de cal hidráulica.—Mortero mixto o atenuado.—Mortero de cemento.—Diversas composiciones de morteros.—Estuco.—Hormigones.
Muros.—Muros de cimentación.—Muros de sótanos.—Muros de alzado: muros de fachada, muros-piñón, jambas-estribo, aparejo de mayor y menor, muros divisorios, muros de cerca.—Espesor de los muros.—Muros de sostenimiento: talud natural de las tierras, fórmulas diversas, muros de depósitos.
Fábrica de sillería.—Elección y calidad de las piedras.—Aparejos en general: paramentos, lechos, hiladas, juntas, perpiaños.—Aparejos diversos.—Labra de la piedra.—Asiento de los sillares.
Fábricas de sillarejo y de mampostería.—Fábrica de sillarejo.—Mampostería: concertada, careada, ordinaria.—Mampostería de piedra moleña.—Colocación del ripio.—Escollera.
Fábrica de ladrillo.—Dimensiones de los ladrillos.—Tabiques.—Muros.—Muros huecos.—Muros de ladrillo hueco.
Cañones de chimenea.—Cañones en el espesor de una medianería.—Tubos de humos de sección circular y cuadrada.—Cañones adosados.—Hogares en el espesor de los muros.—Remates de chimeneas.
Obras complementarias: rejuntados, enfoscados, revoques, enlucidos, forjado de suelos, tabiques, cielorrasos, molduras.—Andamios.—Apeos.—Cimbras.—Pozos negros.—Acometidas.
Arcos.—Arcos diversos.
Bóvedas.—Bóvedas diversas.—Estabilidad de las bóvedas, espesores que deben darse a las bóvedas.
Vanos en los muros de sótanos: puertas, tragaluces.
Rehundidos y almohadillados.—Rehundidos.—Almohadillados: de cuadros, rústicos, en punta de diamante, moldurados, en chaflán y con revoco.
Postigos: construcción y dimensiones.
Puertas.—Puertas cocheras.—Puertas de entrada.—Puertas interiores.
Ventanas: dimensiones y detalles.—Buhardas.
Balcones: dimensiones y salientes.—Balaustradas y balaustres.
Escaleras de fábrica.—Perfiles y secciones de los peldaños.—Escaleras de sótanos.—Escalinatas.—Escaleras exteriores.—Escaleras interiores.—Escaleras entre muros.—Escaleras de caracol.—Escaleras múltiples.—Escaleras de tramos en vuelta.—Arranque, pilastras, zancas.—Descansos.

Obras de fábrica, en general, se denominan todos los trabajos ejecutados con piedras, sillares, sillarejos, ladrillos, mortero y yeso. Su estudio abarca, por lo tanto, el de las fábricas de sillería, fábricas de mampostería y fábricas de ladrillo y, por último, el de los enlosados, embaldosados y enlucidos diversos.

MORTEROS

En general, se llama *mortero* una composición destinada a unir las piedras entre sí, aglomerarlas y formar cuerpo con ellas, y que empleada en estado pastoso, se endurece al secarse.

El mortero está formado con cal o cemento y arena mezclados con agua, pero sus cualidades varían con las proporciones de la mezcla y las cualidades de los elementos que entran en su composición.

Una propiedad esencial de los morteros es la de endurecerse adhiriéndose más o menos a los materiales que unen; un buen mortero se endurece cada vez más, a medida que transcurre el tiempo.

La naturaleza de los morteros varía con los medios de que se disponga en la localidad y con el destino de los edificios que se van a construir; se hacen de tierra, yeso, cal grasa, cal hidráulica, cemento o de puzolana. Hay *morteros simples* y *morteros compuestos*.

Pertenecen al primer grupo: el *mortero de tierra* y el *de yeso;* los morteros compuestos son: el *de cal grasa,* el *de cal hidráulica,* el *mixto de cal y cemento* (mortero atenuado) y el *de cemento*.

Mortero de tierra.—Es el más sencillo de los morteros, el más económico, pero también el menos resistente. La tierra mejor para mortero es la semiarcillosa, que es la tierra que se emplea para la fabricación de ladrillos ordinarios, o tierra de carretera; se la diluye con agua, y la pasta que se obtiene sirve para ligar los materiales de muros de poca importancia, como son los muros de cerca de ciertas construcciones rurales. Este mortero llega a cierto grado de dureza sólo por la desecación, pero le perjudica la humedad y el agua; no debe emplearse el mortero de tierra en los sitios inundables, y además es necesario preservar los muros contra la lluvia de dos maneras: primero cubriendo la coronación con una albardilla impermeable y protegiendo los paramentos con un enlucido, o por lo menos con un rejuntado que se oponga a la penetración de las aguas de lluvia.

El mortero de tierra se emplea también para rellenar las construcciones de adobes, pero su aplicación principal es la confección del *tapial* mezclándolo con paja o cualquier otro elemento de ligazón para formar, por sí solo, el muro.

El mortero de *tierra de horno* lo emplean principalmente los fumistas, y es una tierra arcilloarenosa que puede obtenerse cuando sea necesario procediendo del modo siguiente: se hace un mortero con tierra bien tamizada, en la proporción de dos quintos, al que se agregan otros dos quintos de tierra caliza y una quinta parte de arena; muchas veces se puede suprimir la tierra caliza reemplazándola por arena, sobre todo si la tierra arcillosa es muy plástica.

Mortero de yeso.—Es muy empleado, sobre todo en los sitios donde el yeso es barato y de buena calidad.

Estos morteros se preparan con diversas calidades de yeso. Primeramente, con *yeso de cesto,* o yeso ordinario, que es el estado en que lo entrega el fabricante; se emplea, en la construcción, para los forjados y enlucidos bastos, que son trabajos que no requieren grano fino. Aunque esta denominación de yeso de cesto está autorizada por la costumbre, debemos decir que el yeso sufre casi siempre un cribado en un cesto de mimbres, pues viene demasiado grueso o contiene partes duras. En segundo lugar, se usa el *yeso de sacos,* que se pasa por un tamiz de crin y con el que se hacen los enlucidos ordinarios y las molduras. Hay, por último, el *yeso pasado por tamiz de seda,* que se emplea en los enlucidos de lujo y cielorrasos, etc.

Se amasa el yeso con más o menos agua, según la naturaleza de la obra que se quiere ejecutar. Los obreros dicen que el yeso está amasado seco cuando no se echa más que la cantidad de agua necesaria para producir una pasta consistente, y dicen que está amasado claro cuando la masa está muy fluída. Cuando está muy fluído se emplea para repasar las molduras y para todos los trabajos que requieran cierto tiempo.

Mortero de cal grasa.—Está compuesto por pasta de cal apagada y dos o tres veces el volumen de arena.

La arena desempeña el papel de materia inerte, aumenta económicamente el volumen del mortero, además es útil porque fragmenta la cal, haciéndola más permeable al aire, y facilita su fraguado por la posibilidad de la absorción del ácido carbónico.

El mortero de cal grasa no puede emplearse más que al aire y en muros de gran espesor, porque es necesario, para que este mortero se endurezca, que la cal que entra en su composición tenga tiempo, antes de la desecación, de tomar de la atmósfera una parte de ácido carbónico que le había restado la cocción. A este mortero le perjudica la humedad.

La proporción de los materiales componentes de los morteros debe medirse siempre en volúmenes, y la mezcla se hace con la mezcladora o a mano, pero siempre con el mayor cuidado para asegurarle una perfecta homogeneidad al mortero.

Veamos algunas de las proporciones empleadas:

Mortero ordinario de cal y arena (para emplearlo tan pronto como se fabrica): una parte de cal, bien apagada en pasta espesa, y dos partes de arena (conviene para cimentaciones y muros gruesos).

Mortero fino para asentar, que se emplea muchas veces para la puesta en obra de sillares, ladrillos, rejuntados y enlucidos: dos partes de cal, apagada en pasta consistente, y tres de arena muy fina.

Mortero fino, que se utiliza en las chimeneas de ladrillo, en el interior y en los tabiques de ladrillo: una parte de cal viva, medida en dicho estado y convertida luego en pasta consistente, y dos de arena muy fina.

Mortero de cal hidráulica.—Está compuesto de cal hidráulica y arena. Como sabemos, la cal hidráulica tiene la propiedad de endurecerse en el agua y en los sitios húmedos, lo que la convierte en un estimable material de construcción. El fraguado de este mortero es muy variable y puede durar algunas horas o varios días, pues la cal hidráulica absorbe mucha menos agua y es mucho menos ávida de ácido carbónico que la cal grasa.

Mortero mixto *(mortero de cemento atenuado).* — Está compuesto de cal hidráulica y cemento en partes iguales; se emplea en construcciones subterráneas, y en los pozos de consolidación cuando hay que edificar en terrenos húmedos, en los que se quiere obtener un aumento de resistencia al aplastamiento.

Mortero de cemento.—Se compone de cemento molido y arena mezclados con agua. Se endurece bien en el agua y se emplea generalmente para todas las construcciones de importancia, sobre todo cuando hay que hacerlas con rapidez.

Según el cemento empleado, los morteros son de fraguado lento o rápido. Los de fraguado rápido se endurecen pronto; los de fraguado lento son mucho más densos y se endurecen cada vez más durante quince a veinte días; se prestan mucho para enlucidos.

Los tres últimos morteros se comprenden bajo el nombre de morteros hidráulicos; a continuación damos la composición de cuatro morteros que han dado buenos resultados.

Mortero n.° 1 compuesto, en volúmenes, de.	1 parte de cemento 5 partes de arena de río
Mortero n.° 2 compuesto de	1 parte de cal o de cemento 3 partes de arena de río
Mortero n.° 3 compuesto de	1 parte de cal o de cemento 2 partes de arena de río
Mortero n.° 4 compuesto de	1 parte de cal o de cemento 1 parte de arena de río

COMPOSICIÓN DE UN METRO CÚBICO DE ALGUNOS MORTEROS QUE HAN DADO BUENOS RESULTADOS

(CLAUDEL y LAROQUE)

NATURALEZA de la cal y del cemento	Modo de hacer el apagado	VOLÚMENES DE Cal en pasta	Arena	Cemento	Puzolana	OBSERVACIONES
Grasa	Fusión	0,370	0,950	—	—	Muros de cerca, edificios.
Grasa un poco hidráulica	Id.	0,250	0,940	—	0,200	Depósitos, recipientes, etc.
Hidráulica muy enérgica	Id.	0,360	1,000	—	0,040	Trabajos en el agua.
Hidráulica ordinaria .	Id.	0,333	1,020	—	—	Abastecimientos de agua y alcantarillados de París.
Hidráulica muy enérgica	Id.	0,400	1,000	—	—	Trabajos hidráulicos.
Hidráulica ordinaria .	Id.	0,370	0,950	—	—	Puentes de París.
Poco hidráulica . . .	Id.	0,450	0,450	—	0,450	*Puente-canal de l'Orb* en Béziers; muy enérgico.
Hidráulica	Inmersión	0,489	1,000	—	—	Morteros muy enérgicos (*Puertos* de Marsella, Cette, etc.)
Id. enérgica . .	Id.	0,550	1,000	—	—	Son las proporciones medias indicadas por Vicat para los buenos morteros ordinarios.
Id. id. . .	Id.	0,650	1,000	—	—	Proporción media indicada por Vicat para los buenos morteros hidráulicos sumergidos en el agua a gran profundidad.
Grasa	Id.	0,450	0,950	0,095	—	Mortero mixto } *Viaducto de Coursan* sobre el *Aude*.
Id.	Id.	0,450	0,950	0,172	—	Id. id. }
Cemento de Vassy . .	Id.	—	1,000	0,200	—	Se endurece a las dos horas debajo del agua.
Id. . .	Id.	—	1,000	0,333	—	Muros, bóvedas y macizos que no estén sometidos a grandes presiones.
Id. . .	Id.	—	1,000	0,500	—	Mamposterías, fábrica de ladrillo, rejuntados, chapas, reparaciones debajo de obras, restauraciones.
Id. . .	Id.	—	0,500	1,000	—	Enlucidos de fosas, cisternas, depósitos.
Id. . .	Id.	—	—	1,000	—	Fugas de agua.—Fraguado instantáneo.

Estuco.—Es un mortero o enlucido que es susceptible de adquirir el pulimento del mármol. Se distinguen dos clases de estucos, el de cal y el de yeso.

El primero está compuesto de diversas materias: cal apagada con seis meses de anticipación, creta y polvo de mármol blanco; de cal, arena muy fina y polvos de caliza dura o de mármol; de una mezcla de grés, ladrillo y mármol triturados.

El estuco se aplica por capas: las primeras pueden ser de grano grueso, la última debe estar compuesta de partículas muy pequeñas; de esto dependerá la belleza del pulimento.

El estuco de yeso sirve sobre todo para los interiores. También se hace con diversas composiciones: yeso fino amasado con una disolución de cola fuerte; yeso y alumbre (el algez elegido se calcina en un horno de reverbero y se mezcla a la salida del horno, con agua que contenga 10 % de alumbre; el embebimiento dura unas tres horas

por término medio, después de preparado el yeso se reduce al rojo vivo, luego se pulveriza y tamiza); yeso y polvo de alumbre.

Hormigones.—El hormigón, en general, es una mezcla de mortero hidráulico y piedras duras. Generalmente se usa piedra partida cuya dimensión mayor no pase de 5 cm; se llama *graso* o *árido (magro),* según la cantidad de mortero que entre en su composición. También se hace el hormigón con cantos rodados, ripios de piedras, ladrillos machacados y aun con escorias.

El hormigón debe formar una fábrica impermeable e incompresible, o permeable e incompresible, según el destino que se le dé. En los trabajos hidráulicos debe ser impermeable e incompresible, por lo que la proporción de mortero es mucho más considerable; en los trabajos ordinarios basta que sea incompresible.

Un hormigón *graso* es impermeable cuando la cantidad de mortero empleado es igual al volumen de los huecos comprendidos entre los pedazos de piedra partida o de grava. Se obtiene fácilmente el volumen de huecos poniendo la piedra en un recipiente y echando agua (que se mide) hasta que la grava esté sumergida. Según los experimentos hechos, en la piedra partida y cantos rodados de tamaño uniforme, los huecos ocupan de 45 a 48 %; en las gravas con elementos de diversos tamaños, los huecos varían entre el 35 y el 40 % del volumen aparente. Pero, para estar seguros de obtener un hormigón bien impermeable, es menester aumentar estas cifras hasta 56 ó 60 % en el hormigón de piedra machacada y hasta 44 ó 50 % para el de grava.

A continuación damos la composición de algunos hormigones de piedra machacada y mortero de cal hidráulica, según Claudel (por metro cúbico):

1.° *Hormigón graso:* 0,55 m^3 de mortero y 0,77 m^3 de piedra partida, para zampeados, depósitos, estanques, etc., sometidos a una presión de agua considerable.
2.° *Hormigón semigraso:* 0,52 m^3 de mortero y 0,78 m^3 de piedra machacada, para obras de fábrica en el agua (alcantarillado de París).
3.° *Hormigón ordinario:* 0,48 m^3 de mortero y 0,84 m^3 de piedra machacada, para cimentaciones de puentes, muros de muelles, pavimentaciones, etc.
4.° *Hormigón muy ordinario:* 0,50 m^3 de mortero y 1 m^3 de piedra machacada, para bloques artificiales hechos con cales análogas a la de Teil.
5.° *Hormigón algo magro:* 0,45 m^3 de mortero y 0,90 m^3 de piedra machacada, para cimentaciones de edificios en terrenos húmedos y movedizos.
6.° *Hormigón magro:* 0,38 m^3 de mortero y 1 m^3 de piedra machacada, para macizos y cimentaciones en terrenos secos y movedizos.
7.° *Hormigón muy magro:* 0,20 m^3 de mortero y 1 m^3 de piedra machacada, para cimentaciones.

Los hormigones se fabrican en hormigoneras movidas por medio de un malacate, por el vapor, o también sencillamente a brazo, según la cantidad más o menos considerable que se necesite para la construcción que se edifica.

MUROS

Un muro es una construcción compuesta de materiales tales como sillares, mampuestos, ladrillos, tapial, madera, o sencillamente tierra que sirve para cercar un espacio, sostener explanaciones o los pisos de un edificio, y establecer en éste las divisiones que formen las diversas piezas disminuyendo la luz de los suelos.

A continuación se describen las diversas clases de muros.

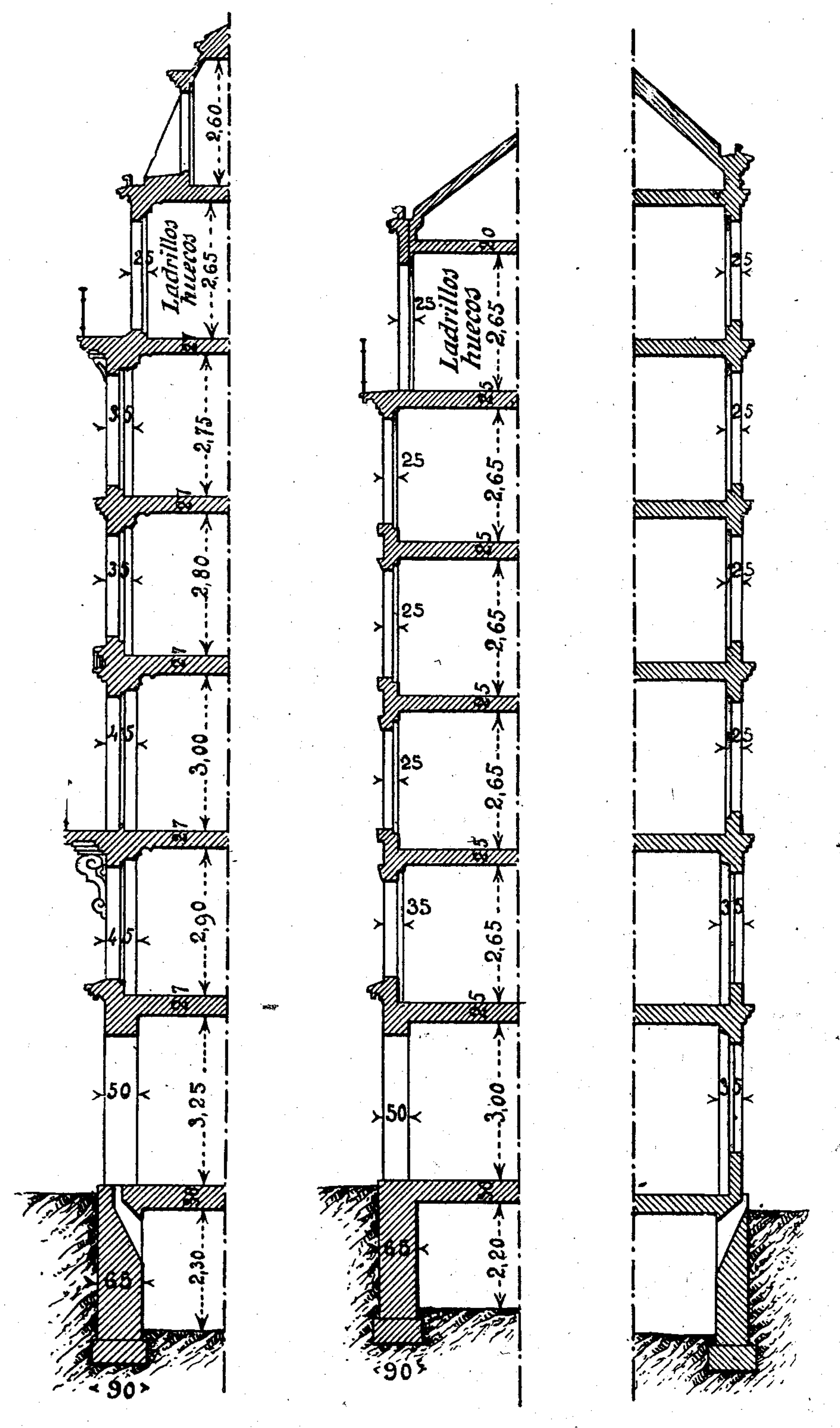
Muros de cimentación.—Son los que soportan la carga total de las construcciones y deben, por lo tanto, construirse con materiales duros y apoyarse en un terreno resistente. Sólo han de resistir al esfuerzo de aplastamiento; basta, pues, adoptar un coeficiente de trabajo por centímetro cuadrado de sección, en relación con la fábrica empleada, y dividir la carga total del edificio por dicho coeficiente. En las casas de alquiler, los muros de cimientos que están debajo de los muros de basamento o de sótano tienen ordinariamente de 0,75 a 0,80 m de espesor, cuando asientan sobre un buen terreno. Estos muros pueden hacerse de hormigón, sillarejo o mampostería.

Muros de sótanos.—Deberían considerarse como muros de sostenimiento si no hubiese el piso que sostiene el empuje en la coronación, como lo hacemos observar en el estudio de los suelos con entramado de hierro, al tratar del encadenado. Suelen ser de mampostería de piedra dura y tienen 65 cm de espesor en los muros de fachada o muros medianeros, es decir, que forman, con respecto al muro reglamentario de 50 cm, una pequeña banqueta de 7,5 cm a cada lado.

Cuando la construcción lleva una jamba-estribo con adarajas o columnas, la parte superior de este muro de sótano está coronada con una hilada de piedra dura. En nuestra opinión, sería conveniente reforzar a la derecha de esa hilada la fábrica destinada a sostenerla, o también construir esta parte con materiales más resistentes. La costumbre, por ejemplo, indica o más bien aconseja que una jamba con adarajas de piedra dura debe colocarse en la cabeza de un muro piñón cuando hay que dejar cerca de ella un vano de dos metros o más, pero no dice a qué profundidad debe llegar la jamba, por lo cual los constructores se contentan con enseñar la piedra por encima del terreno y economizarla por debajo. Ello sería absolutamente

absurdo, desde el punto de vista constructivo, a menos de que los muros tuviesen espesor considerable y presentaran una resistencia al aplastamiento suficiente.

Muros de alzado.—Se construyen por encima del nivel del terreno y están destinados a *sostener, limitar y separar;* comprenden: los



Figs. 42, 43 y 44.—Muros de fachada.

muros de fachada; los muros que dan a los patios; los muros-piñón o *hastiales;* los muros divisorios; los muros de cerca y por último los muros de sostenimiento.

Todos estos muros se construyen de piedra o de ladrillo u otros materiales, según los medios de que se disponga en la localidad.

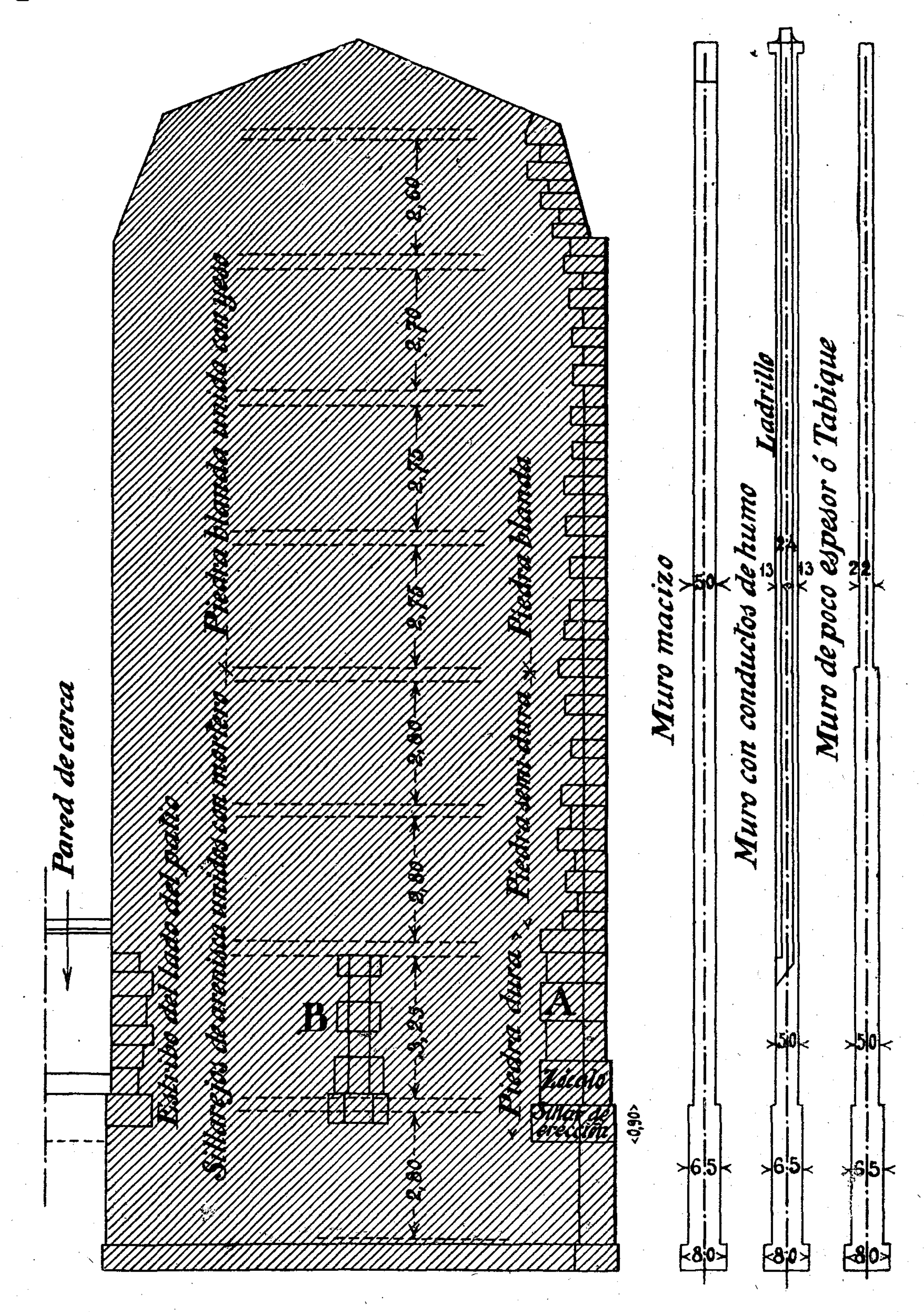
Los *muros de fachada* que dan a la calle deben tener 50 cm de espesor en el piso bajo. Si se hacen tiendas, los machones y entrepaños deben ser de materiales muy duros y los vanos sin puntos de apoyo no deben pasar de tres metros en construcciones ordinarias. Lo mismo si la construcción se hace de piedra que si es de ladrillo, los muros pueden ir disminuyendo de espesor a medida que se aumenta la altura (fig. 42); así el muro del primer piso puede tener ladrillo y medio de espesor o sea 34 cm (suponiendo ladrillos de 22 cm de longitud), y el de los demás pisos espesor de un ladrillo de 22 cm (fig. 43). En dichos espesores no se incluye el del revoque.

Los *muros que dan a los patios* no están sometidos generalmente a ninguna reglamentación, y a los constructores toca el darles los espesores necesarios para la seguridad de los mismos. Se construyen de ladrillo y se les da un espesor de 35 ó 45 cm (1 $^1/_2$ ó 2 ladrillos) en el piso bajo; 22 ó 35 (1 ó 1 $^1/_2$ ladrillos) en el primero y 22 cm en los demás (fig. 44), pero no se consienten estos espesores más que a condición de no emplear sino ladrillos de gran resistencia al aplastamiento y calcular siempre la carga a que se someten, de modo que no se exponga el ladrillo a un trabajo excesivo. Claro es que las cifras anteriores se refieren a ladrillos de 22 cm de largo (como se usan en París) y nada más fácil que modificarlas, en cada caso, con arreglo según las dimensiones de los ladrillos que se fabriquen en la localidad.

Los *muros-piñón* o medianeros no deben construirse más que con materiales resistentes, imputrescibles e incombustibles. Deben tener 50 cm por encima del suelo y 65 en los cimientos, y una superficie de asiento que varía con la calidad del terreno (figs. 45, 46, 47 y 48); no debe alojarse en ellos ningún tubo de humos y tampoco empotrarse viguetas de madera. Esto es lo conveniente, aunque no siempre se tiene en cuenta; así, en París, dos propietarios de terrenos contiguos pueden, respetando las ordenanzas vigentes, construir un muro de separación y alojar en él los conductos de chimeneas, si toman todas las precauciones contra los peligros de incendio, o también pueden dar a los muros hastiales un espesor pequeño, lo que es racional, pues estos muros raras veces son de carga. Cuando, cerca del muro medianero, hay en la fachada una tienda o un vano de más de dos metros, la cabeza del muro debe hacerse en toda la altura del piso bajo (A, fig. 45) de sillería y con el aparejo especial que toma el nombre de *jamba con adarajas* (fig. 49).

Esta jamba debe construirse con grandes sillares de piedra dura; debería ser de piedra hasta el terreno de fundación, pero se permite que sólo se descienda con este material hasta 0,90 m por debajo del

piso de la calle. Las hiladas deben ser de sillares de una sola pieza, ligados unos con otros por sus colas en el cuerpo del muro medianero.



Figs. 45, 46, 47 y 48.—Muros medianeros.

Las dimensiones indicadas en la figura son convenientes para los sillares de la jamba medianera.

Cuando, por encima de la jamba mencionada, continúa el muro de fábrica de sillería, se puede emplear el aparejo llamado de mayor y menor, que tiene la ventaja de evitar la pérdida de piedra. Este apa-

rejo, que representamos en las figuras 50, 51 y 52, puede reemplazar al de los sillares en T (siempre que las ordenanzas no prescriban jambas constituídas por dichos sillares); bastará, pues, darles una cola suficiente encadenándolos cuidadosamente.

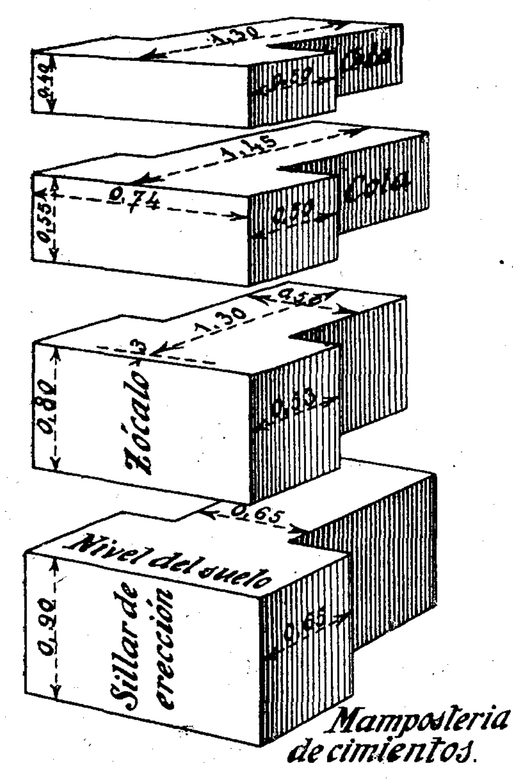
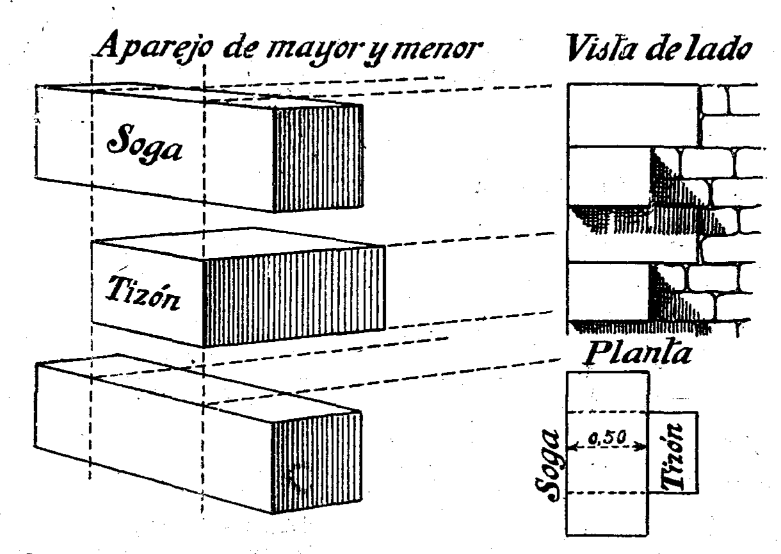


Fig. 49.
Aparejo de jamba con adarajas.

Los *muros divisorios* son los gruesos muros interiores de un edificio, paralelos generalmente a los de fachada y a las paredes que dan a los patios, con lo que dividen la luz de los suelos (fig. 53).

Los *muros de cerca* no están sometidos en España a prescripciones detalladas. Pueden tener el perfil de la fig. 54. Como tipo de construcción, mencionaremos el muro de cerca representado en la figura 55: tiene 40 cm de espesor, con cadenas de 1 m de ancho aproximadamente (colocadas con una separación de 4 m), de sillarejos unidos con yeso o mortero; el resto de la construcción es de sillarejo trabado con tierra. Se rejunta con yeso y casi siempre se cubre con un enlucido. Cuando tengan una altura regular, se trabarán con mortero y se aumentará el espesor hasta 45 ó 50 cm.



Figs. 50, 51 y 52.—Aparejo de mayor y menor.

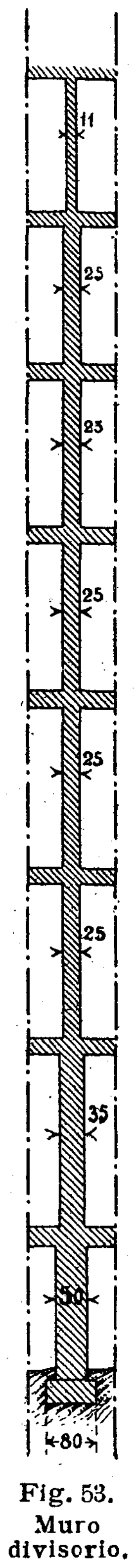


Fig. 53.
Muro divisorio.

También pueden hacerse estos muros de menor espesor y con

ladrillos ordinarios o huecos de 11 a 14 cm (medio ladrillo); las cadenas de sillarejo se reemplazan por hierros en doble T empotrados en macizos colocados cada 3 metros aproximadamente. Estos hierros son viguetas de altura proporcionada al espesor del ladrillo empleado (14 ó 16 cm de altura, por ejemplo) y algunas veces se suprimen, como veremos más adelante al estudiar la fábrica de ladrillo.

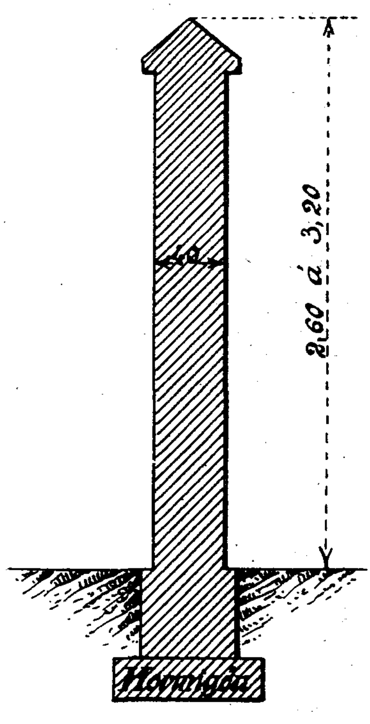


Fig. 54.—Muro de cerca.

Las albardillas o coronación de los muros se hacen de yeso, de ladrillo o de tejas, de una o dos vertientes, según que el muro pertenezca a un solo propietario o sea medianero. Los materiales de barro cocido son mucho más preferibles que el yeso, pues protegen mejor y son de mayor duración, por lo que resultan más económicos; además se prestan a una decoración más o menos rica, lo que permite utilizarlos en muchas construcciones pintorescas.

Los modelos que damos (figs. 58 y 59) son sencillos, pero también se hacen con motivos decorativos que se colocan de trecho en trecho.

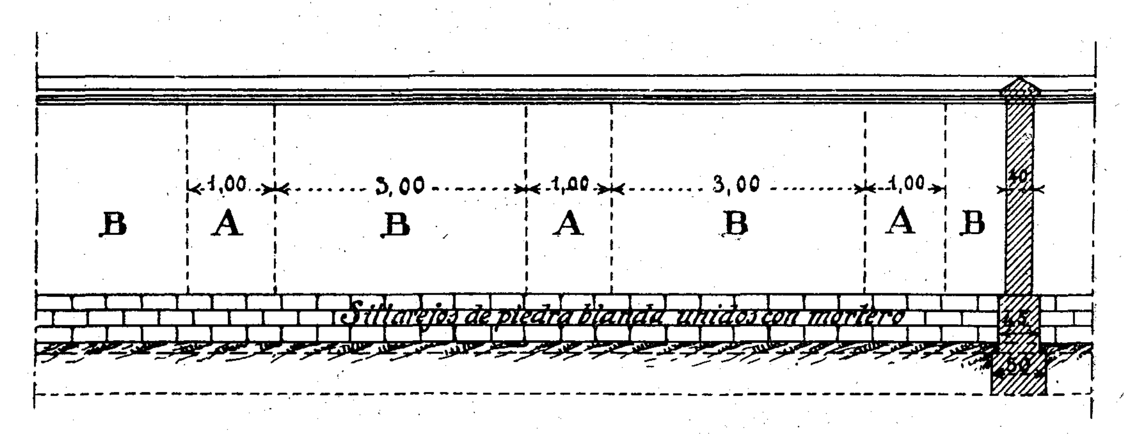


Fig. 55.—Muro de cerca.

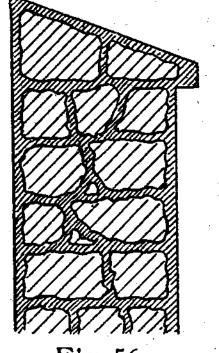


Fig. 56.
Albardilla de una vertiente.

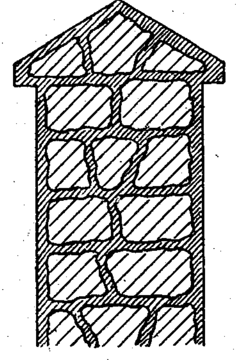
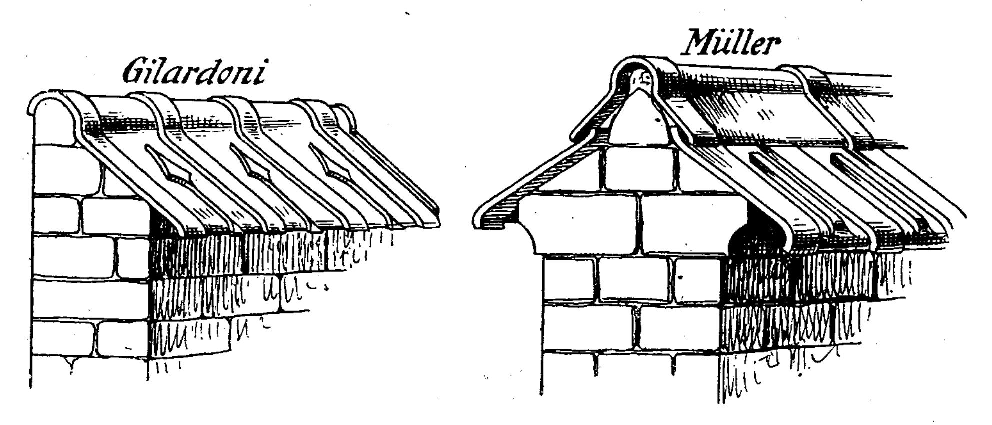


Fig. 57.
Albardilla de dos vertientes.

Se hacen también albardillas de sección semicircular, que son poco recomendables, pues como la parte superior se aproxima a la

horizontal, el agua puede estancarse allí y alterar la fábrica; de sillería con goterón y algunas con molduras; por último, puede formarse la albardilla con losas de piedra, que es una disposición muy mala,



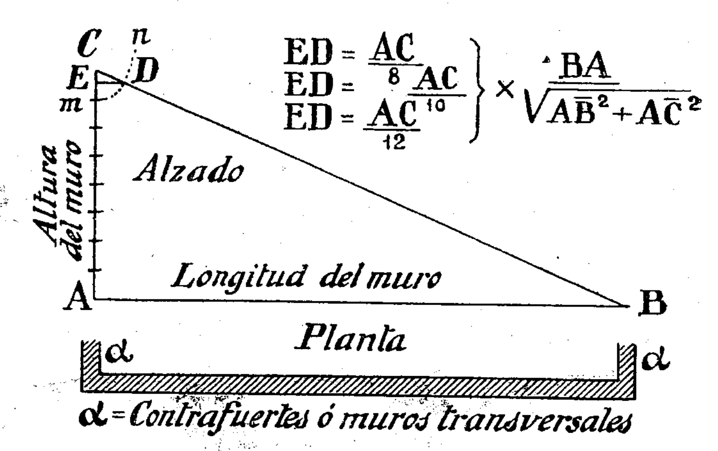
Figs. 58 y 59.—Albardillas.

toda vez que el objeto que se persigue es el de alejar el agua lo más rápidamente posible.

Por tanto, siempre se dará a las albardillas una inclinación bastante pronunciada, por lo menos de 45 cm por metro.

Espesor de los muros.—Para determinar el espesor de un muro, ha dado Rondelet la regla siguiente (figs. 60 y 61): trácese la recta AB de longitud igual a la del muro, en una escala determinada, y por el punto A levántese la perpendicular AC, que represente en la misma escala la altura del muro; únase C con B y se obtiene la hipotenusa del triángulo rectángulo ABC.

Desde el punto C, con una abertura de compás igual a $^1/_8$, $^1/_{10}$ ó $^1/_{12}$ de AC, según se quiera que el muro tenga una estabilidad grande, media o pequeña, se describe un arco de círculo $m\,n$ que corta a la hipotenusa CB en el punto D. Desde el punto D así obtenido se traza una perpendicular DE a AC. Esta perpendicular DE representa, en la escala del dibujo, el espesor que hay que dar al muro de longitud AB y altura AC.



Figs. 60 y 61.—Procedimiento gráfico para hallar el espesor de los muros.

En general, para las casas es suficiente emplear los espesores usuales que están consagrados por la experiencia; los resumimos en el cuadro siguiente, en el que damos las cifras máxima y mínima para las diferencias que puedan provenir de la naturaleza de los

materiales; es evidente que el mismo muro, si está construído de ladrillo, tendrá un espesor distinto que el que tendría si se hiciese de sillarejo.

Sin embargo, cuando se presentan casos particulares, siempre se debe tener en cuenta la carga que debe soportar la fábrica y darle un espesor en relación con la resistencia de la misma y no tomar para carga de seguridad más que un décimo de la carga de rotura. (Para la mampostería, teniendo en cuenta la forma irregular, salvo el caso de mampostería concertada, sólo se tomará $^1/_{15}$ de la resistencia total de la piedra que se emplee para los mampuestos.)

TABLA DE LOS ESPESORES USUALES DE LOS MUROS DE VIVIENDAS Y ALTURAS DE LOS PISOS

Partes de los muros	MUROS			Alturas de los pisos
	De fachada m	Que dan a los patios m	Divisorios m	m
En los cimientos	0,75 a 1,00	0,75 a 1,00	0,70 a 0,85	—
En los sótanos	0,65 a 0,80	0,55 a 0,80	0,45 a 0,60	2,10 a 3,00
Piso bajo	0,50 a 0,65	0,45 a 0,50	0,35 a 0,50	2,80 a 5,00
1.er piso	0,45 a 0,55	0,35 a 0,50	0,35 a 0,40	2,80 a 5,00
2.º »	0,35 a 0,45	0,25 a 0,40	0,25 a 0,35	2,65 a 4,25
3.er »	0,25 a 0,40	0,25 a 0,35	0,25 a 0,35	2,65 a 3,50
4.º »	0,25 a 0,40	0,25 a 0,30	0,15 a 0,30	2,60 a 3,35
5.º »	0,25 a 0,30	0,25 a 0,30	0,15 a 0,25	2,60 a 3,00
6.º piso	Siempre forma parte de la cubierta Mansard o de un ático, altura mínima 2,60 m.			

NOTA: Toda habitación artesonada debe tener por lo menos 2 m² de superficie horizontal.

Las piedras calizas duras, tomadas con buena cal hidráulica o con cemento de Vassy, pueden cargarse con seguridad a 10 Kg por cm².

Las piedras semiduras, tomadas con yeso, no deben cargarse con más de 3 Kg por cm².

Las piedras blandas con 2 Kg por cm².

Veamos, según Reynaud, los esfuerzos de compresión a que están sometidas ciertas partes de construcciones consideradas como estando en el límite (las presiones están expresadas en kilogramos por cm²):

Muro divisorio de la basílica de Constantino, Roma.—Fábrica de mampostería revestida de ladrillo	24,510 Kg.
Columnas de la planta baja, palacio de la Cancillería, Roma.—Sillería	34,110 »
Pilares de la cúpula de San Pablo de Londres.—Sillería caliza	19,350 »
Pilares de la cúpula de San Pedro de Roma.—Mampostería revestida con travertino	16,350 »
Pilares de la torre de la iglesia de Saint-Merry.—Sillería caliza	29,420 »

Pilares de la cúpula del Panteón de París.—Sillería caliza .	29,430 Kg.
Muro de sostenimiento del depósito de Grois-Bois, en el canal de Bourgogne.—Sillarejo cuarzoso	14,000 »
Pilares del depósito de agua de la calle del Estrapade, París.—Hormigón de piedra machacada	8,000 »

En el capítulo *Resistencia de materiales,* damos las cargas de seguridad de los diversos materiales y fábricas.

FÓRMULAS DE RONDELET

Sean: e espesor del muro en metros,
H altura total en metros,
h altura del piso en metros,
n número de pisos,
l longitud total en metros.

Muros sencillos $$e = \frac{l + \frac{H}{2}}{24}.$$

Muros de fachada dobles $$e = \frac{l + H}{46} + (0{,}027 \text{ a } 0{,}054 \text{ m}).$$

Muros de fachada sencillos $$e = \frac{2l + H}{48} + (0{,}027 \text{ a } 0{,}054 \text{ m}).$$

Muros divisorios $$e = \frac{l + H}{36} + n\,(0{,}013 \text{ a } 0{,}027 \text{ m}).$$

Muros de edificios cubiertos por un simple tejado

Sea L el ancho del edificio: $$e = \frac{H}{12} \times \frac{L}{\sqrt{L^2 + H^2}}$$

Si los muros que soportan el tejado están sostenidos a cierta altura por otras construcciones, llamando h' la altura que el muro sobrepasa al apoyo, se tendrá:

$$e = \frac{H + h'}{24} \times \frac{L}{\sqrt{L^2 + (H + h')^2}}.$$

Muros de recintos no cubiertos

$$e = \frac{H}{8} \times \frac{L}{\sqrt{l^2 + H^2}}.$$

Muros aislados o de cerca

Si l es muy grande respecto a H, se hará:

$$e = \frac{H}{8}.$$

Muros circulares

Designando por r su radio, el espesor valdrá:

$$e = \frac{H}{8} \times \frac{\frac{1}{2}r}{\sqrt{\frac{r^2}{4} + H^2}}.$$

Muros de sostenimiento.—Los muros de sostenimiento están destinados a contener las tierras que tienden a caer, por causa de diferencias de nivel más o menos grandes (fig. 62).

Una fórmula empírica muy empleada, $e = \frac{h}{3}$, da el espesor. Este medio sencillo y práctico puede emplearse casi siempre, pero es demasiado empírico; nunca se tiene la seguridad de haber dado demasiado o poco espesor. Como sucede con todo, es mucho mejor darse cuenta exacta de lo que es menester en cada caso particular, con lo que se obtiene siempre economía o seguridad.

Lo primero que debe tener presente el constructor es que ha de reconocer el terreno y después darse cuenta del talud natural que forman las tierras que lo componen.

Cuando las tierras consideradas tienen una pendiente mayor que la del talud natural, la parte que queda por encima de este

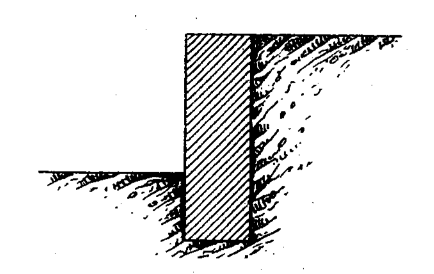


Fig. 62.—Muro de sostenimiento.

B D C
Talud natural
A E

Fig. 63.—Talud natural de las tierras.

talud tiende a deslizar. Sea, por ejemplo, un macizo de tierra ABC (figura 63). Supongamos que AD sea el talud natural y AE el plano horizontal de comparación, el prisma de tierra ABD tenderá a deslizar sobre el plano AD. Para impedir este movimiento, hay necesidad de oponer una fuerza de intensidad por lo menos igual y contraria a la que se desarrolla en el macizo. El *rozamiento* y la *cohesión* contribuyen a la estabilidad de las tierras en grados diferentes, según la naturaleza del terreno; así, la arena, por ejemplo, tomará un talud de menor pendiente que una tierra arcillosa compacta.

NATURALEZA DE LAS TIERRAS	Densidades Kg/m³	Ángulos de deslizamiento o taludes naturales	Pendientes por metro m
Arena pura y muy seca	1900	21°	0,3838
Tierra arcillosa humedecida	1600	35°	0,7002
Arena terrosa	1700	46°	1,0355
Tierra vegetal ligera y seca	1400	46°	1,0355
Arcilla	1900	55°	1,4281
Tierra franca	1500	50°	1,1917
Fango fluído	1650	—	—

Para las tierras de mediana consistencia, tales como la arena terrosa y la tierra vegetal ligera y seca, se adopta generalmente la inclinación de 45°, o un metro de base por uno de altura, y para tierras arcillosas 35°, lo que da 0,70 m de altura para 1 m de base.

La fábrica de los muros de sostenimiento pesa, en general, de 1700 a 2500 Kg por metro cúbico.

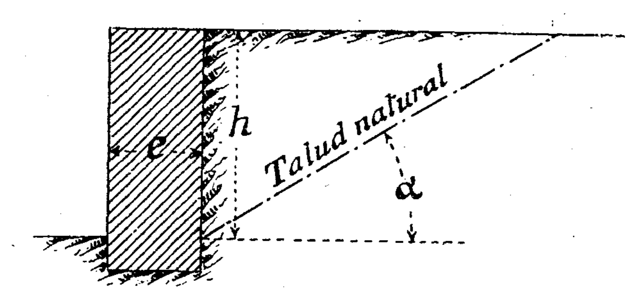


Fig. 64.—Sostenimiento de un terraplén.

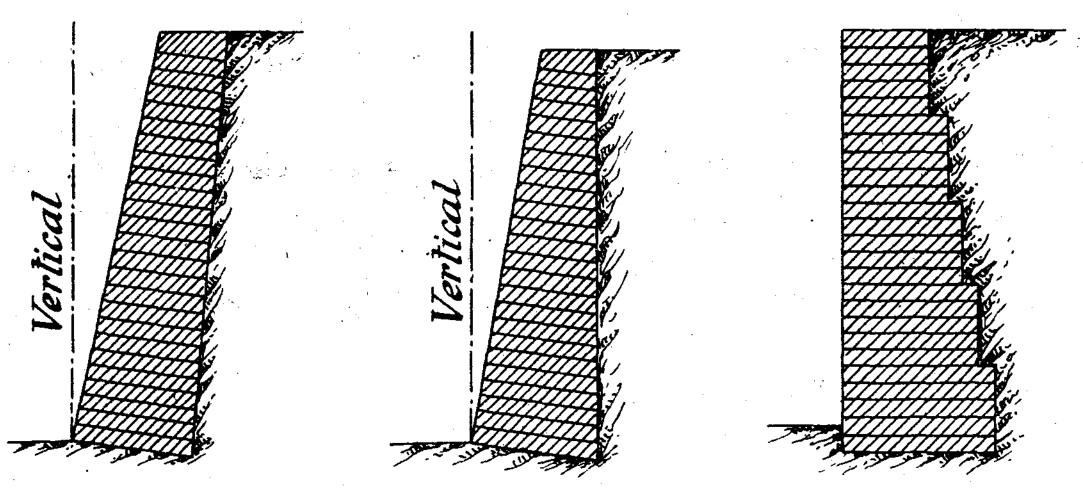
Muros de sostenimiento de terraplenes sin sobrecargas (fig. 64).—El muro de paramentos verticales es el más simple de todos; la fórmula de Navier es la siguiente:

$$e = 0{,}59\ h\ \mathrm{tg}\left(45^\circ - \frac{\alpha}{2}\right)\sqrt{\frac{\Pi}{\pi}}$$

Siendo:

e espesor uniforme del muro,
h altura del muro o profundidad del terreno que se quiere sostener,
Π peso del metro cúbico de tierra,
π peso del metro cúbico de muro,
α ángulo del talud natural de las tierras con el horizonte.

Cuando es posible, se debe dar siempre talud al muro; se comprende que mientras más se aproxime al ángulo del talud natural más disminuirá el empuje de las tierras (figs. 65 y 66). Pero, cuando



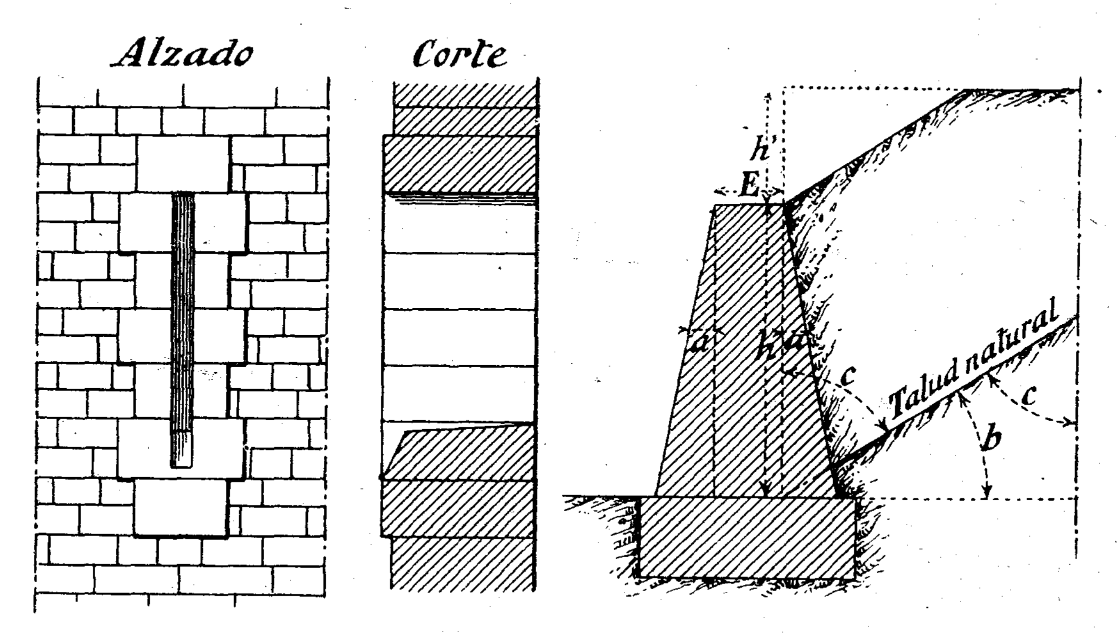
Figs. 65, 66 y 67.—Diversos muros de sostenimiento.

esto no es posible, es preferible, en vez de dar al muro un espesor uniforme, construir el muro con escalones, dándole en el centro el espesor encontrado por la fórmula anterior, llevando hacia la base toda la fábrica que pueda quitarse de la parte superior (fig. 67).

Se obtiene así un ***muro de igual resistencia,*** pues cada escalón corresponde a un prisma de tierra medido paralelamente al talud

natural y cuyo peso disminuye al ascender, puesto que está aliviado de la presión de la capa precedente.

Barbacanas.—Se sabe que los muros destinados a soportar el empuje de los líquidos deben ser más gruesos que los que sostienen sólo tierras; por tanto, se debe admitir que las aguas de lluvia, al diluir las tierras aumentan la presión contra el muro y es, pues, necesario evitar este grave inconveniente. Por esto, y también para ventilarlos, se practican en el muro barbacanas o pequeñas abertu-



Figs. 68 y 69.—Barbacana. Fig. 70.—Terraplén con sobrecarga.

ras de la forma de la representada en las figuras 68 y 69 para dar paso a las aguas y gases almacenados en el terraplén.

Muros de sostenimiento de terraplenes con sobrecarga.—La fórmula de Poncelet, para muros sin talud, es:

$$E = 0{,}845\,(h + h')\,\operatorname{tg}\frac{1}{2}\,c\sqrt{\frac{k'}{k}},$$

para muros con talud, figura 70:

$$E = h\left[-\left(n + \frac{n'}{2}\right) \pm \sqrt{\frac{k'}{3k}\operatorname{tg}^2\frac{1}{2}c + \frac{n^2}{3} - \frac{n'^2}{12}}\right].$$

En estas fórmulas las letras representan:

E espesor que debe darse al muro en su parte superior,
b ángulo bajo el cual se sostienen solas las tierras,
c complemento del ángulo b,
n y n' taludes, por metro, de los paramentos interior y exterior,
h altura del muro,
h' altura de la sobrecarga de tierras,
k peso del metro cúbico de fábrica,
k' peso del metro cúbico de tierra.

Muros de depósitos (fig. 71).—La fórmula que, según Poncelet, da el espesor de estos muros es:

$$E = h - h' \sqrt{\frac{k'}{3k}}.$$

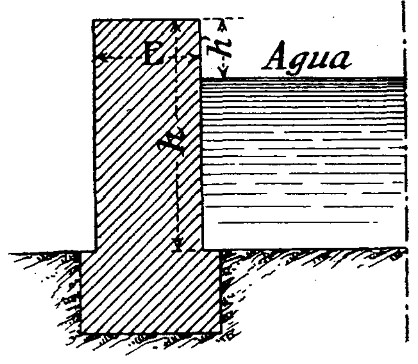
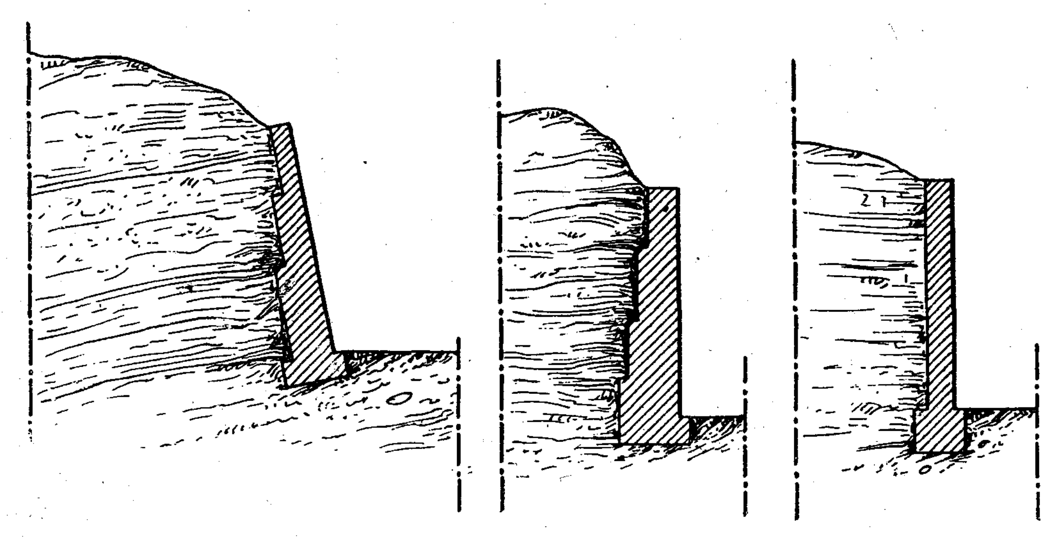


Fig. 71.—Muro de depósito.

Cuando un muro de sostenimiento se destina a sostener una tierra virgen recién cortada, es menester no tratar de destruir la cohesión que le permite sostenerse sola y ejecutar la fábrica colocándola contra la tierra sin dejar ningún hueco.

Cuando un terreno cortado verticalmente se sostiene solo, se puede disminuir, dentro de ciertos límites, el espesor del muro, y también recurrir a las diversas disposiciones que indicamos (figuras 72, 73 y 74).


Figs. 72, 73 y 74.—Muros de revestimiento para terrenos compactos.

Oppermann ha dado las cifras siguientes, que son interesantes:

1.° Muros macizos con talud exterior y con el paramento interior (en contacto con la tierra) vertical, pueden tener los siguientes espesores en la coronación, según la proporción de los taludes:

Talud exterior del muro	Espesor del muro en la coronación
1/4	0,0830 h
1/5	0,1214 h
1/6	0,1683 h
1/7	0,1835 h
1/8	0,1957 h
1/9	0,2055 h
1/10	0,2205 h
1/12	0,2358 h
1/15	0,2513 h
1/20	0,3000 h

siendo h la altura del muro y estando las tierras enrasadas horizontalmente a la altura de la coronación.

Si, por el contrario, el talud es interior (fig. 75), el espesor en la coronación será:

Talud interior del muro	Espesor del muro en la coronación
1/4	0,1663 h
1/5	0,1944 h
1/6	0,2127 h
1/7	0,2257 h
1/8	0,2352 h
1/9	0,2427 h
1/10	0,2486 h

Fig. 75.—Talud interior.

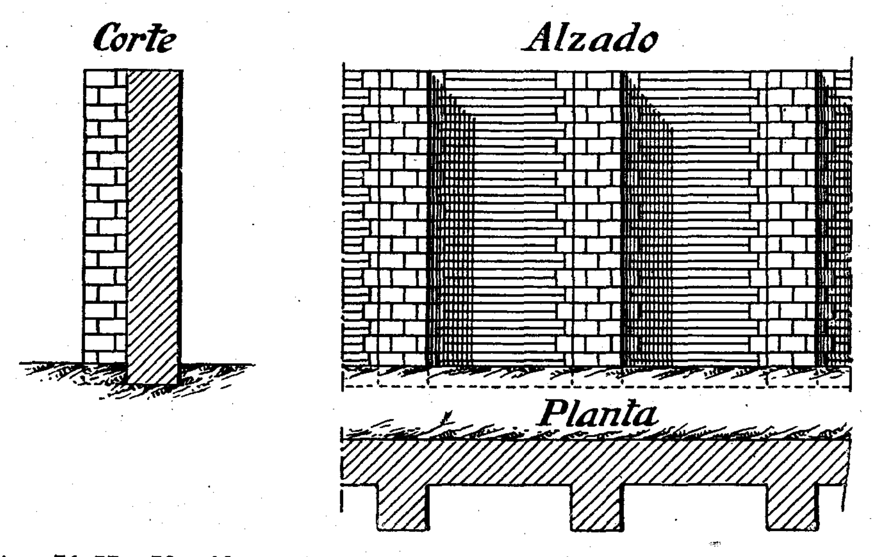
En el caso de escalones o retallos interiores (fig. 67), se obtiene:

Talud equivalente a los escalones	Espesor en la coronación
1/4	0,0763 h
1/5	0,1222 h
1/6	0,1527 h
1/7	0,1740 h
1/8	0,1901 h
1/9	0,2024 h
1/10	0,2148 h

Esta disposición es muy ventajosa.

Más económica es la forma con contrafuertes (figs. 76, 77 y 78). En el caso presente, los contrafuertes tienen 1 m de ancho y están dispuestos cada tres metros.

El muro formado así, se compone de contrafuertes, cuyo ancho conocemos, y cuyo resalto respecto al revestimiento está dado en la

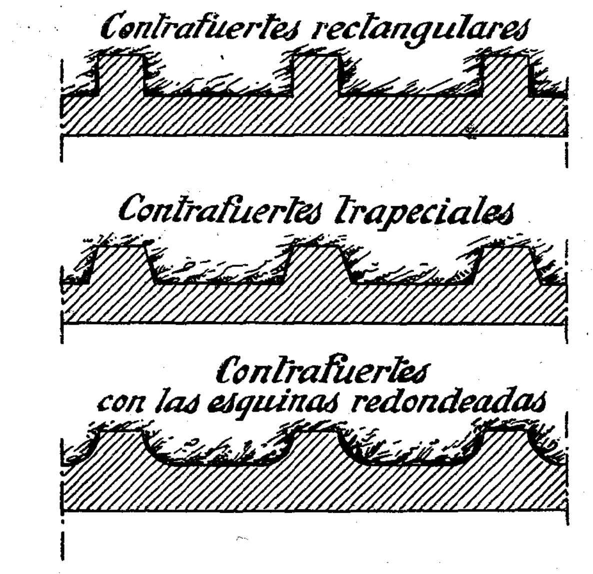


Figs. 76, 77 y 78.—Muros de sostenimiento con contrafuertes exteriores.

tablilla que va a continuación. Este revestimiento debe tener un espesor de $^1/_5$ a $^1/_6$ de la altura total del muro:

Altura del muro	Espesor del revestimiento	Resalto de los contrafuertes respecto al revestimiento
5,00 m	0,833 m	0,833 m
6,00 »	1,000 »	1,000 »
9,00 »	1,500 »	1,500 »
12,00 »	2,000 »	2,000 »
15,00 »	2,500 »	2,500 »

Sin embargo, no siempre se pueden colocar exteriormente los contrafuertes, por el sitio que ocupan; en este caso se disponen interiormente (figs. 79, 80 y 81).



Figs. 79, 80 y 81.—Muros con contrafuertes interiores.

El resultado es menos económico; el espesor del revestimiento entonces es igual a $\frac{h}{4}$ y los espesores y resaltos son:

Altura del muro	Espesor del revestimiento	Resalto de los contrafuertes respecto al revestimiento
5,00 m	1,250 m	0,825 m
6,00 »	1,500 »	0,990 »
9,00 »	2,250 »	1,485 »
12,00 »	3,000 »	1,980 »
15,00 »	3,750 »	2,475 »

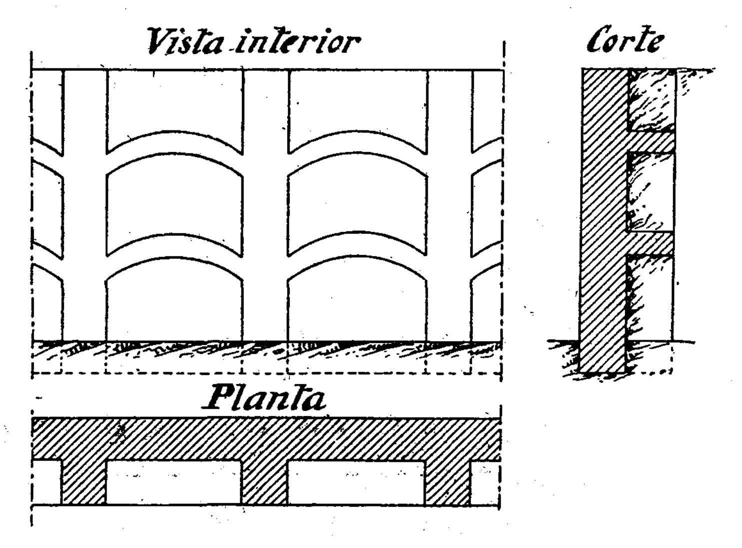
Y en el caso de terreno de gran cohesión, si se le da al revestimiento un espesor igual a $\frac{h}{6}$, se tiene:

Altura del muro	Espesor del revestimiento	Resalto de los contrafuertes respecto al revestimiento
5,00 m	0,833 m	1,795 m
6,00 »	1,000 »	2,154 »
9,00 »	1,500 »	3,231 »
12,00 »	2,000 »	4,308 »
15,00 »	2,500 »	5,385 »

Cuando los contrafuertes son interiores, es necesario cuidar

particularmente la trabazón del revestimiento con los contrafuertes, dejando zarpas laterales para engarzar las fábricas (fig. 77).

Algunas veces se enlazan los contrafuertes por medio de arcos de descarga, con lo que se obtiene la consolidación del revestimiento



Figs. 82, 83 y 84.—Contrafuertes con arcos de descarga.

y se alivia verticalmente una parte de la presión (figs. 82, 83 y 84).

El revestimiento debe tener un espesor igual a $\frac{h}{6}$, y se disponen:

2 pisos de bóvedas,	para los muros de	5,00 m
2 » » »	» » » »	6,00 »
3 » » »	» » » »	9,00 »
5 » » »	» » » »	10,00 »
6 » » »	» » » »	15,00 »

FÁBRICA DE SILLERÍA

Se llama *sillar* a todo bloque de caliza, arenisca, granito o mármol, cuya forma se hace regular y apropiada al uso a que se destina, labrando y preparando las caras según dimensiones determinadas.

La ejecución de fábricas de sillería comprende varias operaciones que vamos a examinar.

Elección y calidad de los sillares.—No nos ocuparemos de la extracción de la piedra; sólo diremos que los constructores deben elegir las piedras de la calidad correspondiente al destino de ellas, no heladizas y de una resistencia al aplastamiento propia para soportar las cargas que están llamadas a resistir.

Aparejo en general.—Se llama *aparejo* la manera como se disponen los sillares en un edificio. Aparejar es preparar de antemano la forma de los sillares que deben integrar el conjunto. El aparejador

es un maestro que traza las plantillas, recorta las de forma complicada y dirige la labra y colocación de los sillares.

Se llaman *paramentos* las caras de sillar que han de quedar aparentes.

Se llaman *lechos* las dos caras opuestas destinadas a ser colocadas encima o debajo de otros sillares (fig. 85).

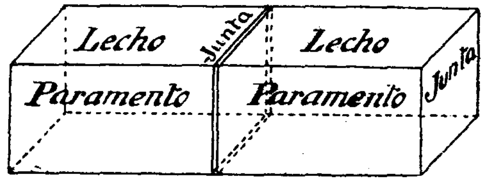


Fig. 85.—Sillares.

Se llama *hilada* cada fila horizontal de piedras, limitada en su parte superior y en la inferior por un plano horizontal. La *altura de la hilada* es la dimensión vertical comprendida entre dos lechos sucesivos (fig. 86). Cuando estas alturas son iguales, se dice que la construcción está dispuesta por *hiladas regulares* o con *aparejo isódomo.*

Las *juntas* son las caras verticales que separan los sillares de una misma hilada; no deben corresponderse, sino cruzarse por lo menos 20 cm. Cuando se cruzan simétricamente y las piedras presentan todas las mismas dimensiones, la construcción se llama *regular de ancho* (fig. 87).

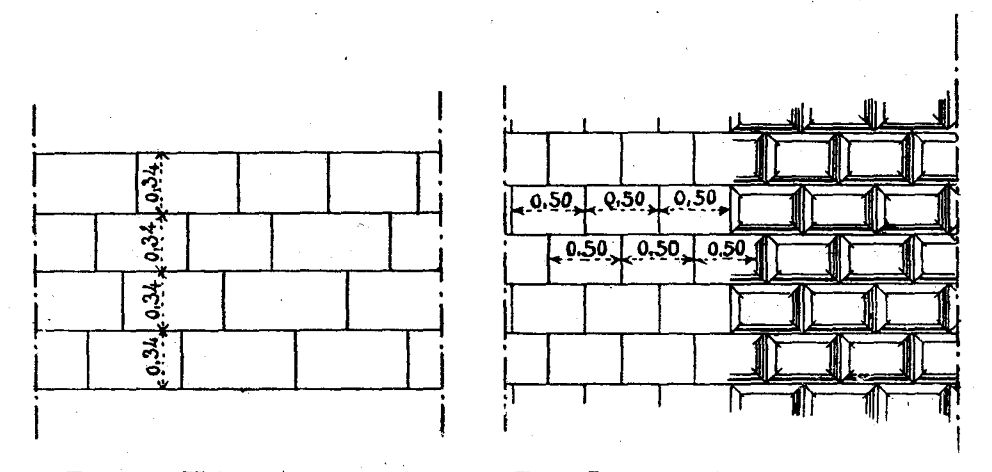


Fig. 86.—Hiladas regulares. Fig. 87.—Aparejo regular de ancho.

Se llama *cola del sillar* la dimensión perpendicular a su paramento. Cuando la dimensión del paramento es mayor que la de la cola, la piedra se llama *soga*. Cuando, por el contrario, domina la cola, el sillar se llama *tizón.*

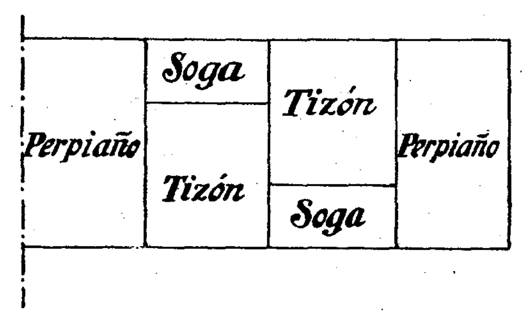


Fig. 88.

Se llama *perpiaño* un sillar que tiene de longitud todo el espesor del muro y dos paramentos aparentes (fig. 88).

Se dice que una piedra está colocada a *contralecho* cuando sus caras horizontales u oblicuas no se colocan en el mismo sentido que su lecho de cantera.

Para todas las piedras estratificadas hay que evitar esta disposición viciosa.

En todo aparejo, una piedra cualquiera debe tener siempre dos caras normales a la dirección del esfuerzo que debe resistir. Es necesario también que todos los sillares de una misma hilada sean de igual altura, para evitar las desigualdades de asiento y un efecto visual desagradable.

Las juntas verticales, sean o no del mismo ancho, no se deben corresponder, sino que sus planos deben estar separados cuando menos de 15 a 20 centímetros, que es lo que se llama *juntas alternadas*.

El **aparejo poligonal,** que los latinos llamaban *opus incertum,* no tiene hiladas horizontales, y los bloques, algunas veces de longitud superior a dos metros, se labran siguiendo la forma natural de las piedras (fig. 89). Los edificios más antiguos ofrecen ejemplos de muros hechos con bloques poligonales irregulares. Grecia e Italia tienen cierto número de estas construcciones primitivas, que se llaman *ciclópeas.*

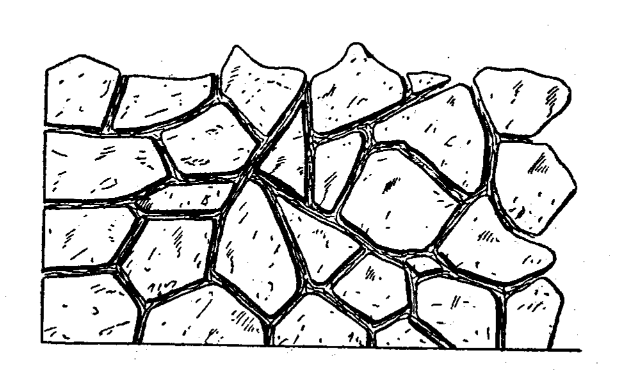


Fig. 89.

El **aparejo de hiladas regulares** o *isódomo* (fig. 87) es aquel en el que todos los sillares son de las mismas dimensiones y dispuestos de modo que las juntas caigan exactamente centradas.

El **aparejo seudoisódomo** se compone de hiladas alternativamente de poca y de mucha altura (fig. 90).

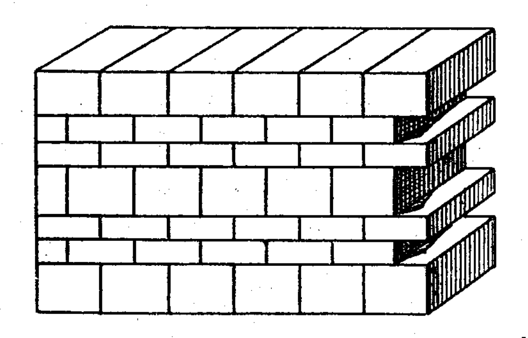


Fig. 90.—Aparejo seudoisódomo.

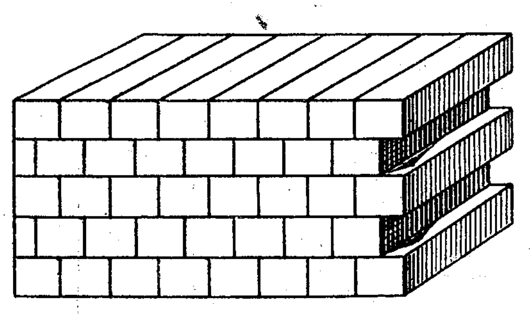


Fig. 91.—Aparejo de llaves.

El **aparejo de llaves** está compuesto de sillares que presentan su cara menor en el paramento y ocupan todo el espesor del muro (figura 91).

El **aparejo a soga y tizón** (fig. 92) es aquel que está compuesto de sillares a soga y sillares a tizón en cada hilada.

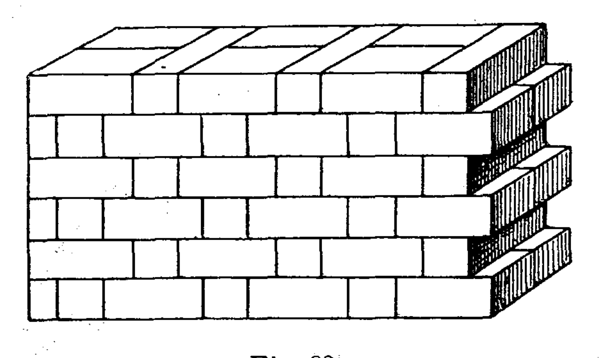


Fig. 92.
Aparejo a soga y tizón.

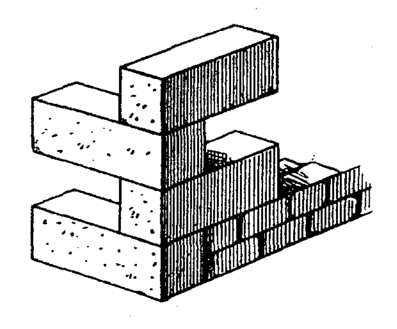


Fig. 93.
Aparejo de mayor y menor.

El **aparejo de mayor y menor** (fig. 93) se usa sobre todo en las esquinas, y también en las jambas de los vanos; evita los sillares en forma de *T* y, por lo tanto, economiza piedra.

Aparejo en el cruzamiento de muros.—Su condición principal es ligar bien entre sí los dos muros, y para ello hay que obtener el mayor recubrimiento posible de las juntas.

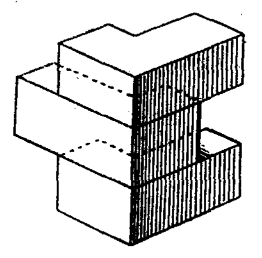
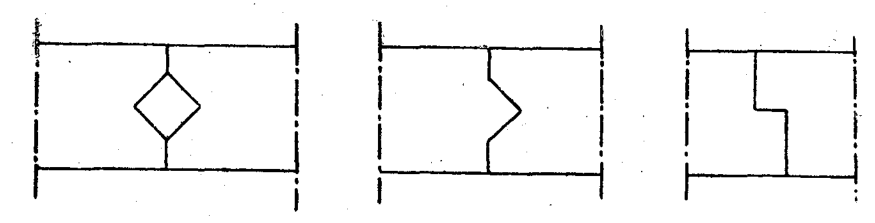


Fig. 94.—Aparejo en el encuentro de muros.

El aparejo *de mayor y menor* es el más sencillo, pero a pesar de esto se recurre a menudo a sillares de ángulo con *adarajas*. Estos son sillares labrados en forma de escuadra (fig. 94), y dispuestos de manera que se alternen las juntas.

Las ensambladuras de ranura y lengüeta triangular y de grano de cebada que se usan en carpintería, salvo las dimensiones, también pueden emplearse con



Figs. 95, 96 y 97.—Uniones de sillares para balaustradas, etc.

las piedras. En las balaustradas, balcones, etc., se recurre con frecuencia a esta clase de uniones (figs. 95, 96 y 97). Otras veces se emplean clavijas metálicas, por ejemplo, para unir las piedras de un balcón; si no se hacen ranuras, se ponen las clavijas como se ve en la figura 98 (de bronce o de hierro galvanizado).

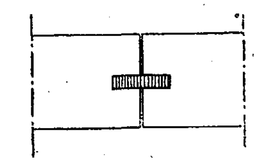
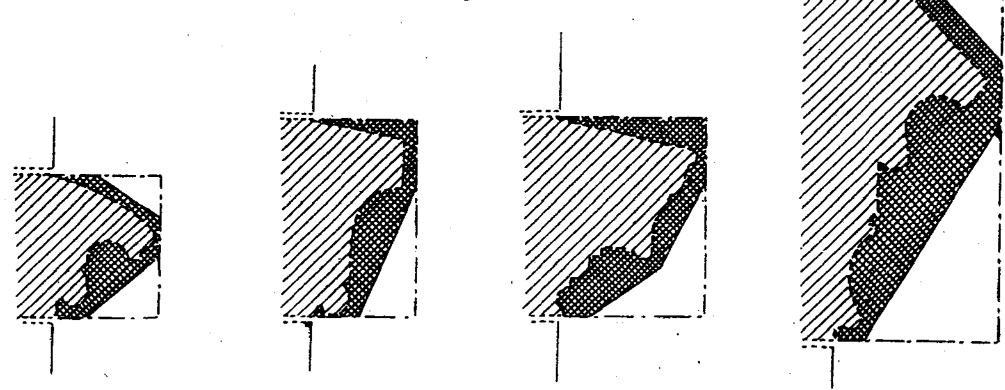


Fig. 98.—Unión con grapa.

Cuando las piedras deben hacerse solidarias entre sí, en todos los sentidos, se puede recurrir a las grapas de la manera que veremos más adelante al tratar del encadenado.

Labra de la piedra.—El constructor debe, antes que nada, tener en cuenta la mayor o menor dificultad que presente la piedra a la labra, a fin de poner la dureza y el grano en relación con la carga que ha de soportar, el esfuerzo que debe resistir, o la finura de los detalles que han de labrarse o esculpirse en ella.

La labra de la piedra consiste en preparar convenientemente las caras y en dar a los



Figs. 99, 100, 101 y 102.—Desbaste de las piedras.

bloques las formas que se han obtenido al hacer el despiezo. Esta labra se hace algunas veces en la cantera, pero casi siempre en un taller dispuesto cerca del sitio de la obra.

Después de puestos en obra es cuando se efectúa la labra de los paramentos, el retundido o refino y el esculpido de las esculturas.

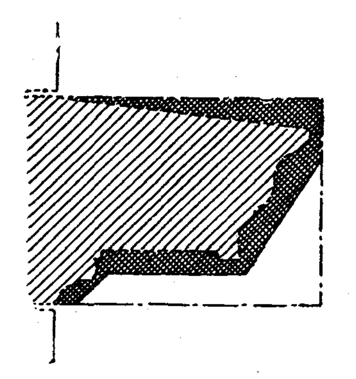


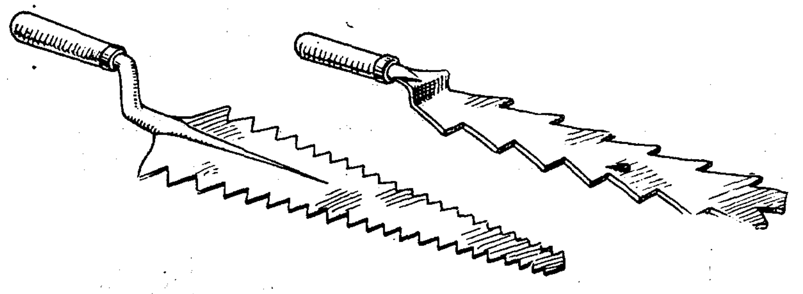
Fig. 103.—Desbaste.

Se llama *desbaste,* a una labra preparatoria y tosca de los perfiles (figs. 99, 100, 101, 102 y 103). Las piedras blandas se desbastan en el taller, y el *refino* o labra definitiva se ejecuta después de colocadas. Las piedras duras, como tienen sus aristas más resistentes, tienen la ventaja de poderse hacer la labra en el taller, lo que ofrece mayores facilidades, o también en la misma cantera, que es lo que se hace sobre todo con los peldaños, balcones, balaustradas, etc.

Asiento de los sillares.—Se comprende que una buena piedra puesta en obra en malas condiciones, no puede dar lugar más que a una fábrica de mala clase. Es preciso cuidar sobre todo de la colocación, pues de ella depende la solidez de la obra; el mejor modo de colocar la piedra es el siguiente: se presenta el sillar en la posición que debe ocupar, haciéndolo descansar sobre cuñas de madera colocadas cerca de los cuatro ángulos y adecuadas al espesor de mortero que se quiere introducir, que varía de 5 a 10 mm. Se levanta de nuevo

el sillar y se vuelca de costado, después se extiende una capa de mortero de un espesor un poco mayor que el de las cuñas, se vuelve a colocar el sillar, después se golpea con un mazo de madera hasta que el mortero refluya y la piedra se apoye en las cuñas. Cuando el mortero empieza a tomar cierta consistencia, se quitan las cuñas.

El método que consiste en dejar las cuñas es defectuoso, porque el mortero se contrae ligeramente al secarse y la piedra se encuentra entonces, por decirlo así, sostenida por las cuñas. Por



Figs. 104 y 105.—Fijas.

lo demás, cuando se emplea este procedimiento para el asiento de los sillares, se colocan primeramente éstos sobre las cuñas, y el mortero se introduce entre las piedras por medio de la *fija* (figuras 104 y 105).

Cuando se emplea el yeso para asentar, se sigue el siguiente procedimiento: se coloca el sillar sobre cuñas, se tapa el contorno de las juntas y lechos con yeso o estopa, conservando en la parte superior un agujero en forma de embudo por el cual se echa el mortero o *lechada.*

FÁBRICAS DE SILLAREJO Y DE MAMPOSTERÍA

Fábrica de sillarejo. — Se distingue de la sillería en que las dimensiones de los elementos que entran a formarla son mucho menores, y también porque, en general, la labra es menos esmerada. La altura de las hiladas no suele pasar de 25 cm.

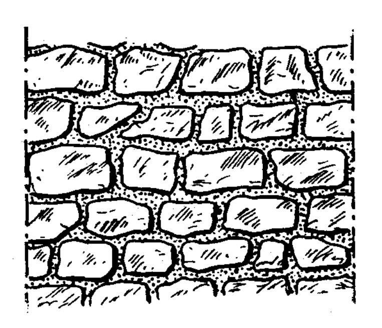


Fig. 106.
Sillarejo desbastado.

Para la labra del sillarejo sólo se emplea el picón y algunas veces se labra el paramento con el trinchante o la escoda dentada.

La figura 106 representa una fábrica de sillarejos desbastados, y la 107 otra de sillarejos propiamente dichos, en la que se ve que la única diferencia que hay entre esa fábrica y la de sillería es la referente a las dimensiones. La figura 108 muestra un muro

de sillarejo almohadillado. La fábrica de sillarejo se combina a menudo con la sillería como muestran las figuras 109 y 110.

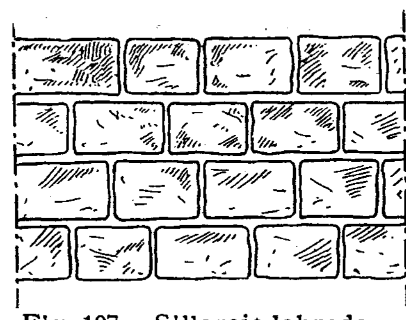


Fig. 107.—Sillarejo labrado.

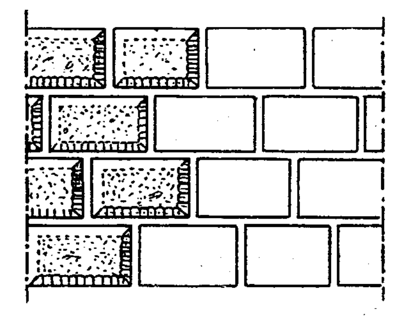
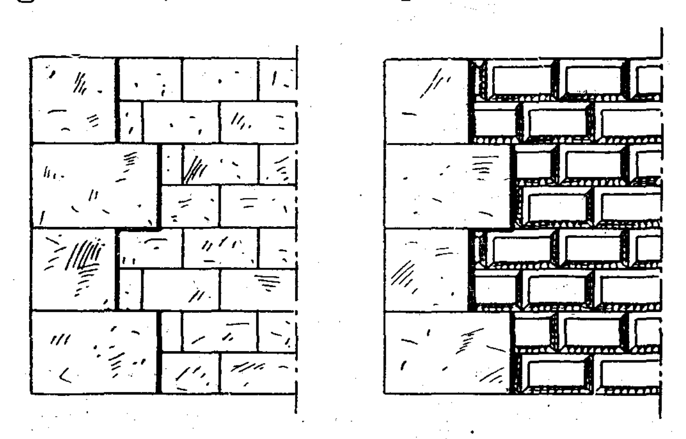


Fig. 108.—Sillarejo con almohadillados.

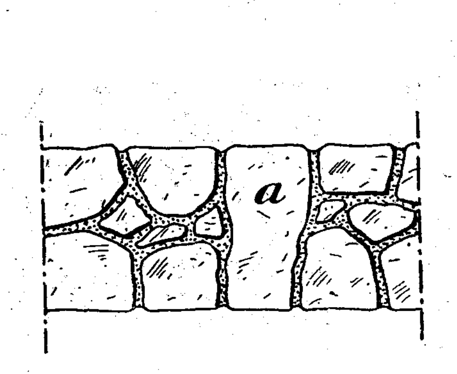
Como fábrica de transición entre el sillarejo y la mampostería, está la mampostería *concertada por hiladas horizontales* (figs. 111 y 112). En la figura 112, las líneas de puntos indican las juntas de la



Figs. 109 y 110.—Muros mixtos de sillería y sillarejo.

hilada inferior. El aspecto del paramento de una mampostería concertada por hiladas horizontales, es análogo al de una fábrica de sillarejo desbastado.

Clasificación de las mamposterías.—La mampostería se divide en *concertada, careada* y *ordinaria*.



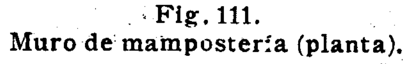


Fig. 111.
Muro de mampostería (planta).

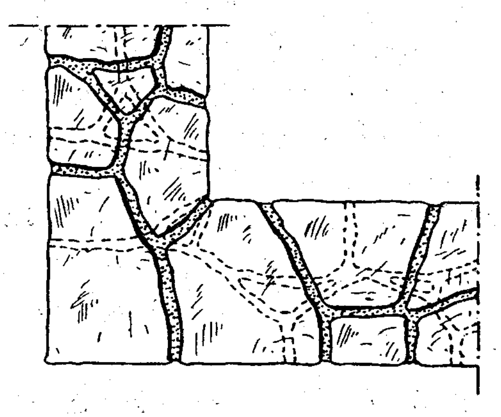


Fig. 112.—Ángulo de un muro de mampostería aparejado por hiladas horizontales (planta).

Se llama concertada cuando las caras de paramento están toscamente labradas, formando polígonos más o menos regulares. Si las

líneas de hilada y de junta forman polígonos regulares convexos, resulta la llamada mampostería de *mosaico;* si las juntas son líneas rectas continuas se llama *reticular,* y es *ordinaria* (siendo concertada) cuando los polígonos son convexos, pero no son regulares.

La labra de los *mampuestos* se hace con el picón en esta mampostería y no se emplea *ripio.* También puede ser *historiada* y *encintada.*

En la mampostería careada la labra de los mampuestos es más tosca y se hace con el martillo. Las piedras no tienen formas regulares y dejan por consiguiente huecos entre ellas, que se rellenan con el *ripio* (véase la figura 115).

La mampostería ordinaria no presenta labra, y el ripio adquiere mucha mayor importancia que en la careada (fig. 113).

Cuando las canteras proporcionan la piedra en buenas condiciones, como sucede con las pizarras que tienen de 4 a 10 cm de espe-

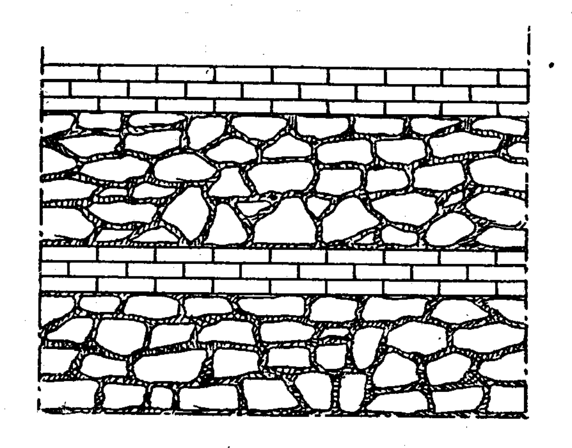


Fig. 113.—Muro de mampostería ordinaria con cadenas de ladrillo.

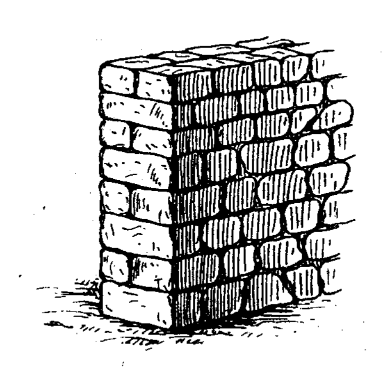


Fig. 114.—Perpiaños.

sor, se hace la mampostería denominada *rajuela,* que generalmente se traba con mezcla; realmente es una mampostería concertada, y el aparejo que se emplea se llama *espigado.*

Para asegurar la solidez de la obra, es necesario entrelazar los paramentos y los mampuestos, colocando de trecho en trecho *perpiaños* cada dos hiladas (fig. 114).

Mampostería de piedra moleña.—La irregularidad de estructura de la piedra moleña es tal, que no se puede emplear como piedra de sillería, pero se hacen mamposterías muy duras, muy resistentes, y que no se alteran por la exposición a las influencias atmosféricas. Esta piedra es un conjunto de concreciones cuarzosas llenas de agujeros, y a la que el mortero se adhiere mucho mejor que a las demás piedras.

Esta fábrica se hace lo mismo que la mampostería ordinaria y se utiliza mucho en las mamposterías hidráulicas. En las fábricas paramentadas, la piedra moleña se emplea también en la fábrica de

sillarejo. En ciertas construcciones que deben presentar un aspecto pintoresco, se pone en obra en bruto o desbastada de un modo grosero, y se rellenan las juntas de los paramentos con piedra moleña partida, que se introduce en un baño de mortero coloreado.

Cuando la piedra moleña tiene grandes dimensiones no debe desecharse, a pesar de su peso considerable, pues puede emplearse en las cimentaciones o en los muros de gran espesor, en donde el peso no es ningún inconveniente.

Cuando tiene forma de *plaquetas,* dos de sus caras son casi paralelas y es muy conveniente para formar una buena fábrica, análoga a la *rajuela* mencionada anteriormente.

La piedra moleña puede emplearse en los paramentos con más o menos labra, disponiendo las caras de junta normalmente al lecho.

Esta piedra se encuentra casi siempre mezclada con arcillas rojizas, y es necesario limpiarla con escobillas; en los trabajos que exigen alguna resistencia o impermeabilidad (empleando desde luego morteros de cemento de buena clase) es menester hacer el gasto de una limpieza suplementaria con la escobilla y agua, para tener superficies y cavidades limpias a fin de obtener una adherencia absoluta del mortero, para que la obra no deje nada que desear.

Colocación del ripio.—La colocación del ripio es el complemento casi indispensable de la mampostería de piedra moleña. Esta operación consiste en colocar lascas o fragmentos de moleña, en baño flotante de mortero, en los huecos que hayan quedado entre las piedras o mampuestos; estos fragmentos son más o menos gruesos, según la clase de mampostería, y se colocan después de ejecutada la misma; terminada la mampostería, se descarnan las juntas y se rellenan de nuevo con mortero, en el que se incrusta ripio de la misma piedra (fig. 115).

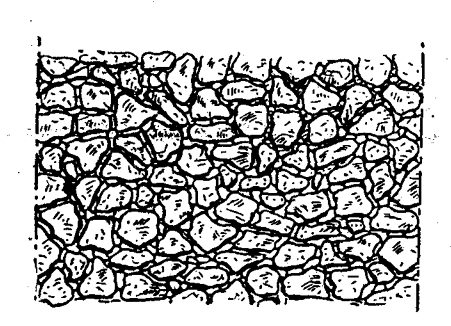


Fig. 115.—Mampostería de piedra moleña con ripio.

Cuando la mampostería ha de recibir un enlucido, es decir, que no debe quedar aparente, se coloca el ripio para llegar a formar una superficie suficientemente continua para que el enlucido tenga un espesor uniforme y facilitar la adherencia del mismo; el ripio se coloca también en las mamposterías de los pozos negros y cisternas y en general en todas las fábricas de materiales pequeños e irregulares que han de ser impermeables. También se carean, en mayor o menor grado, las demás mamposterías con el mismo objeto, es decir, para dar mayor adherencia a los morteros del enlucido.

El ripio puede disponerse como *ornamentación* y quedar aparente en los paramentos de las mamposterías, en los que se pueden

formar paneles, etc. (fig. 116). En este caso el ripio está compuesto de conchas y fragmentos de piedra moleña y escorias de 3 a 4 cm de grueso, que se incrustan en un mortero de cal, de cemento romano o de yeso coloreado. También se puede quemar la piedra moleña antes de partirla, para obtener fragmentos de un color más agradable y vivo.

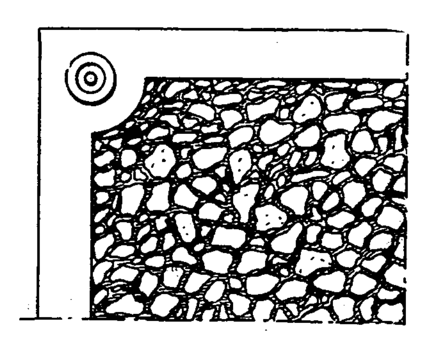


Fig. 116.—Mampostería careada y enlucida.

Los paneles que se forman tienen todas las formas geométricas: triángulos, rombos, rectángulos, óvalos, elipses, círculos, etc., y se recuadran con fajas de mortero, yeso o piedra.

La piedra moleña presenta un color muy bonito; conviene, sobre todo, para las construcciones rústicas, fincas de recreo, etc., a las que da un aspecto muy agradable.

Escollera.—La fábrica que se ejecuta con la piedra en montones se denomina *escollera*. Para su ejecución puede procederse de dos maneras.

Tirando la piedra: a *piedra perdida.*

Colocando las piedras más pequeñas en el interior y las mayores en el paramento, obteniéndose la escollera *clasificada;* si dentro de esta colocación se forman hiladas de un modo regular, se dice que es *paramentada.*

El principal empleo de la escollera es la defensa de los cimientos en obras hidráulicas; así es que la escollera paramentada necesita el empleo de buzos, lo que encarece la obra.

Cuando se ejecuta fuera del agua se llama *pedraplén,* y se dispone la piedra por tongadas horizontales y paramentándolas.

En general no se emplea mezcla, pero si, una vez hecha en seco, se rellena con mortero, se obtiene la escollera *trabada* o *cementada.*

La constituída por bloques artificiales, se llama escollera *paramentada* y *clasificada.*

FÁBRICA DE LADRILLO

Los ladrillos son pequeños materiales cerámicos formados con tierra arcillosa, moldeados, comprimidos y sometidos a la cocción. Son de empleo muy fácil por la regularidad de su forma, y pueden utilizarse en las construcciones de todas clases.

Dimensiones de los ladrillos.—Los espesores de los muros de ladrillo son consecuencia de las dimensiones del material, que no son las mismas en todos los países.

En *Alemania,* el ladrillo tiene 25 cm de longitud, 12 cm de ancho y 6,5 cm de espesor. En un metro cúbico de fábrica entran 400. Con este ladrillo, los diferentes espesores de los muros (suponiendo juntas de 1 cm) son:

Muro de medio ladrillo de espesor (media asta)	12 cm,	con	enlucidos	15 cm.
Muro de un ladrillo de espesor (de asta)	25 »	»	»	28 »
Muro de ladrillo y medio de espesor (asta y media)	38 »	»	»	41 »
Muro de dos ladrillos de espesor (doble asta)	51 »	»	»	54 »

En *Austria,* el ladrillo tiene 29 × 14 × 6,5 cm, y los espesores de los muros son:

Muro de medio ladrillo de espesor (media asta)	14 cm,	con	enlucidos	17 cm.
Muro de un ladrillo de espesor	29 »	»	»	32 »
Muro de ladrillo y medio de espesor	44 »	»	»	47 »
Muro de dos ladrillos de espesor	59 »	»	»	62 »

En un metro cúbico de fábrica entran 300 ladrillos.

En *España,* el ladrillo tiene 28 × 14 × 4,5 cm, y los espesores de los muros son:

Muro de media asta	14 cm,	con	enlucidos	17 cm.
Muro de asta	28 »	»	»	31 »
Muro de asta y media	43 »	»	»	46 »
Muro de doble asta	57 »	»	»	60 »

En un metro cúbico de fábrica entran 420 ladrillos.

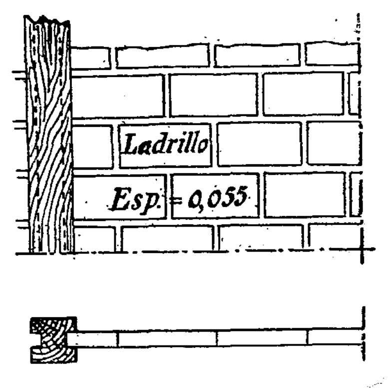
En *Holanda* tiene el ladrillo 24 × 11,5 × 5,5 cm; un metro cúbico de fábrica necesita 495 ladrillos.

En *Francia,* y particularmente en París, el ladrillo tiene 22 × 11 × 6,5 cm, y se necesitan 490 ladrillos por metro cúbico de fábrica, 108 por metro superficial de muro de 22 cm de espesor, 56 por metro cuadrado de tabique de 11 cm y 36 por metro cuadrado de tabique de 6,5 cm de espesor.

El ladrillo de Borgoña tiene 22 × 11 × 5,4 cm; entran 580 por metro cúbico de muro, 130 por metro superficial de muro de 22 cm de espesor, 70 en un metro cuadrado de tabique de 11 cm y 36 por metro cuadrado de tabique de 5,4 cm de espesor.

Tabique de panderete.—El tabique de ladrillo se emplea en las distribuciones interiores, donde reemplaza a los ladrillos de yeso cuando la humedad no permite utilizar éstos; es necesario consolidar estos tabiques con postes de madera (postes de relleno) colocados con

una separación de 2 metros como máximo (figs. 117 y 118). Estos tabiques son recomendables para las distribuciones de los sótanos.



Figs. 117 y 118.
Ladrillos a panderete.

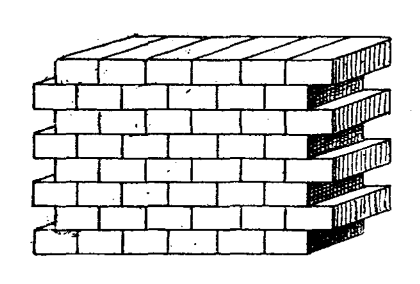


Fig. 119.
Cítara de asta, ladrillos a tizón.

Cítara de soga o tabique de media asta.—Los tabiques que tienen que presentar cierta solidez, se hacen utilizando la dimensión media del ladrillo, 14 cm por ejemplo, como espesor, cuidando de alternar las juntas. La disposición es como en la figura 117, pues sólo varía la altura de las juntas.

Muros de espesor igual al largo del ladrillo.—Se llaman *muros de asta,* y pueden hacerse con distintos aparejos:

1.° Con los ladrillos colocados a tizón (fig. 119).

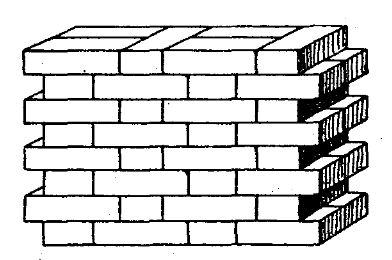


Fig. 120.—Cítara de asta, ladrillos a soga y tizón.

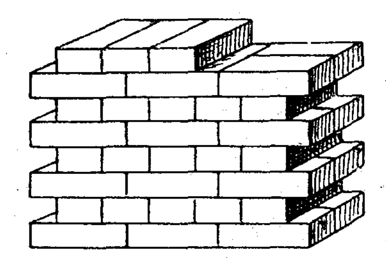


Fig. 121.—Cítara de asta, hiladas a soga alternando con hiladas a tizón.

2.° Con sogas y tizones (fig. 120), o sea cada hilada compuesta de sogas y tizones alternados.

3.° Con hiladas de tizones alternadas con otras de sogas (figura 121).

Muros de ladrillo y medio de espesor.—Llamados *muros de asta y media.* También el aparejo de este muro es variable:

1.° El paramento compuesto de hiladas alternadas, formadas por dos ladrillos a tizón y uno a soga (fig. 122).

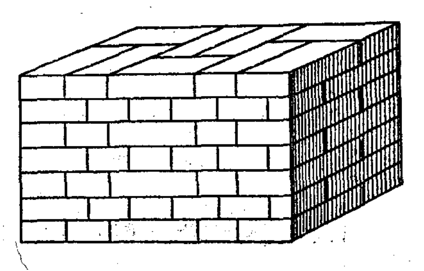
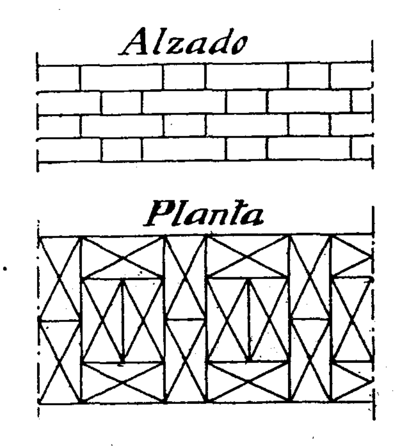


Fig. 122.—Muro de asta y media.

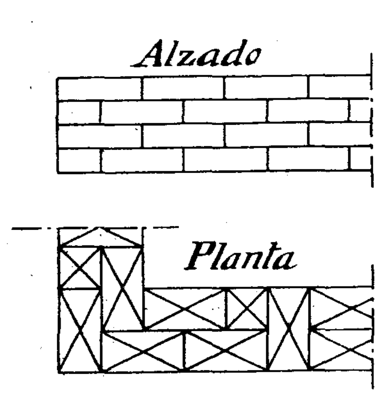
2.° Con una soga y un tizón alternados, llenando el hueco restante con un medio ladrillo.

Muros de dos ladrillos de espesor.—Llamados *muros de doble asta*. Para esta clase de muros el aparejo usado es el que representamos en las figuras 123 y 124.

Esquinas de muros de ladrillo.—La regla que hay que observar primeramente es la de alternar las hiladas de ladrillos colocados a



Figs. 123 y 124.
Muro de doble asta.



Figs. 125 y 126.
Esquinas de muros de ladrillo.

tizón, con las de ladrillos dispuestos a soga (figs. 125 y 126). Además, disponer de la misma manera las hiladas correspondientes de los muros de la misma dirección, de suerte que en las esquinas se tenga una hilada de ladrillos a tizón, en un sentido, y una hilada de ladrillos a soga en el otro.

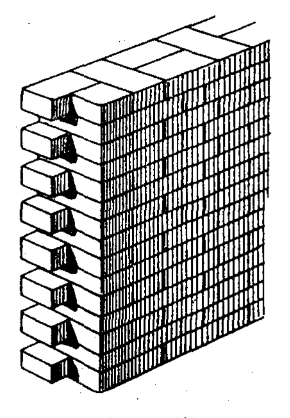
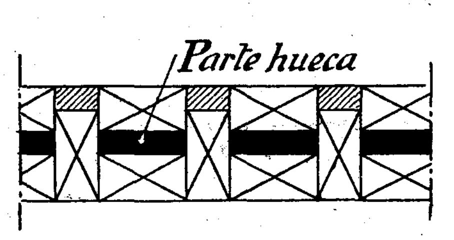
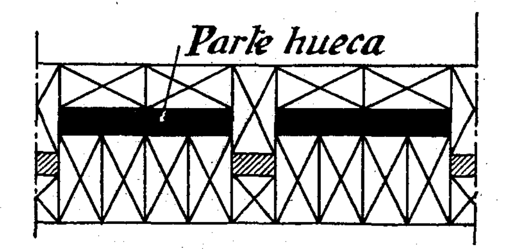


Fig. 127.
Jamba de vano en un muro de ladrillo.

Vanos en los muros de ladrillo.—En las construcciones ordinarias, los resaltos que se dejan en las jambas del vano, en los muros de asta, se hacen sencillamente dejando sobresalir cada dos hiladas un ladrillo colocado a soga (fig. 127); los intervalos se rellenan después, al enlucir. Algunas veces se labran los alféizares en el ladrillo después de montar las jambas, que es el caso cuando el ladrillo debe quedar aparente.

Muros huecos de ladrillo.—Los muros con una capa de aire aislante se emplean muy frecuentemente en el norte de Europa, en



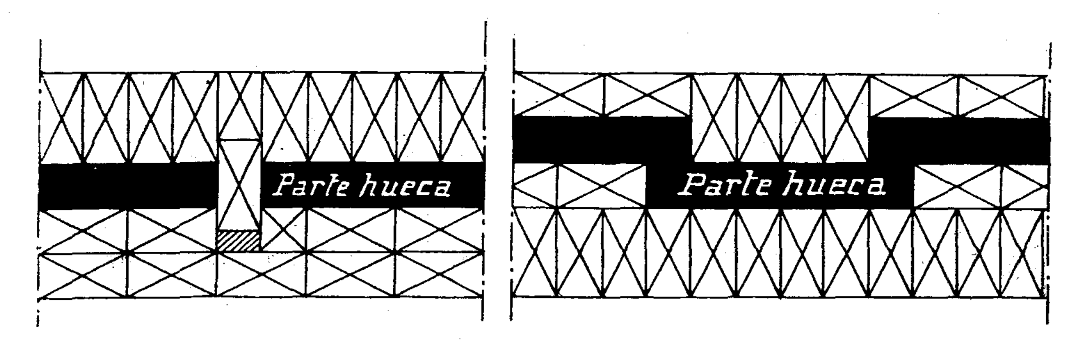


Figs. 128 y 129.—Muros huecos.

las construcciones expuestas a la lluvia y al viento. Están constituídos por dos paredes separadas por una capa de aire de espesor equi-

valente a un cuarto de ladrillo. La pared exterior, expuesta a la humedad y al frío, debe tener por lo menos un ladrillo de espesor; la interior es necesario que tenga un espesor que asegure la consistencia precisa para poder habitar; casi siempre es suficiente medio ladrillo (fig. 128).

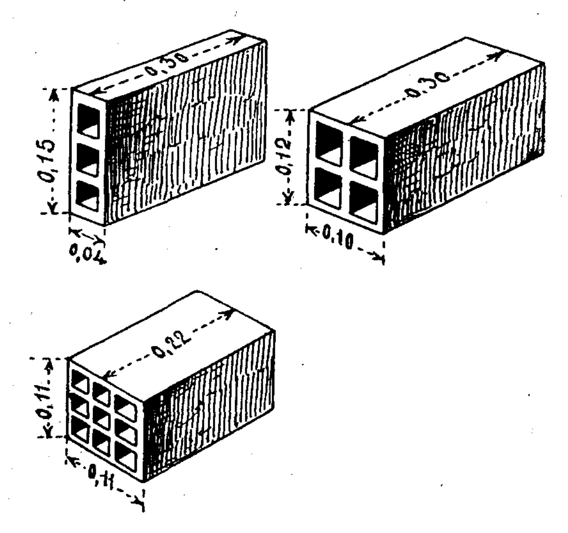
Los dos paramentos están enlazados, de trecho en trecho, por un ladrillo que atraviesa el hueco, faltándole un cuarto de ladrillo para atravesar por completo el muro (figs. 128 y 129).



Figs. 130 y 131.—Muros huecos.

En las figuras 130 y 131 damos otras disposiciones para muros de mayor espesor.

Muros de ladrillo hueco.—No difieren en nada, en cuanto al aparejo, de los ordinarios; únicamente varían las dimensiones según que los ladrillos tengan dos o número mayor de agujeros (figuras 132, 133 y 134). Se pueden hacer muros de cerca, muy resistentes, con ladrillos huecos y hierros en doble T; dejando sobresalir éstos y tendiendo alambres, se puede obtener una ornamentación vegetal de excelente efecto (figs. 135 y 136).



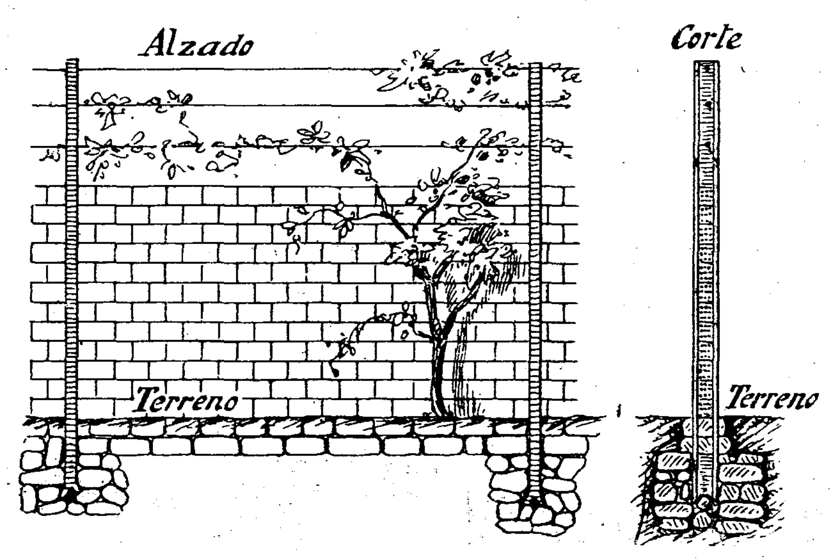
Figs. 132, 133 y 134.—Ladrillos huecos.

El muro que representamos en la figura 137 está formado por ladrillos huecos; éstos tienen cuatro grandes agujeros, miden 35 × 22 × 22 cm y en dos de sus caras hay estrías, con objeto de que agarre el mortero. Los constructores que han ideado esta clase de cercas se han preocupado de coronarlas, y para ello han imaginado una albardilla hueca de dos vertientes (del mismo ancho que los ladrillos, es decir, 35 cm); las piezas se unen con cubrejuntas.

Entran unos 13 ladrillos por metro cuadrado (exactamente 12,5).

El peso de un ladrillo es de 13,50 kilogramos.

El peso de un metro superficial de muro es de 169 kilogramos.



Figs. 135 y 136.—Muro de cerca de ladrillo hueco y viguetas de hierro.

Entran tres piezas de albardilla por metro lineal; cada una pesa 6,5 kilogramos.

El peso de una cubrejunta es de 1,5 kilogramos.

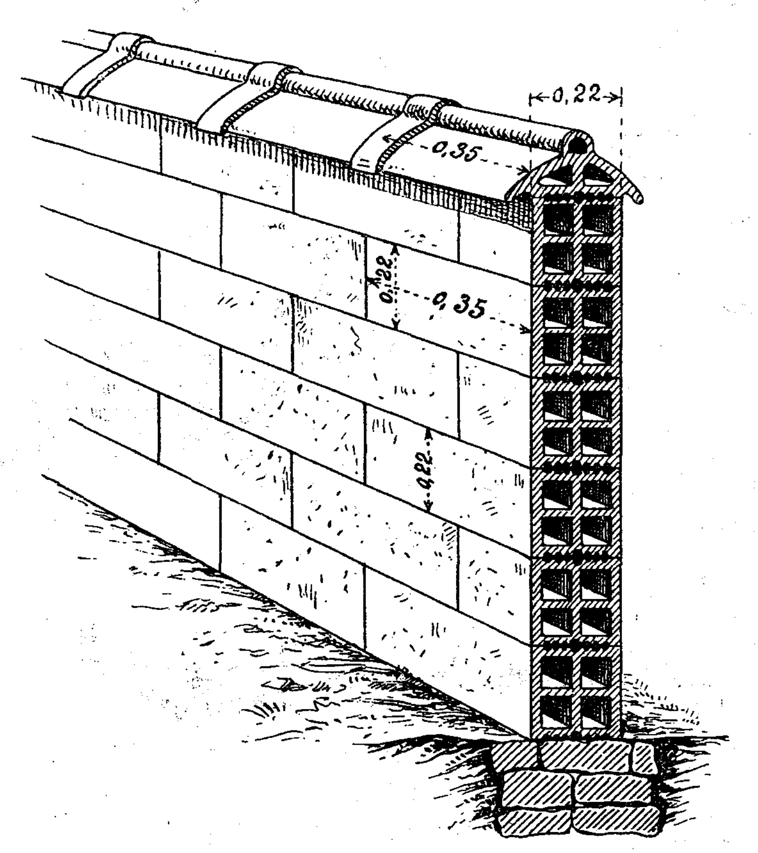


Fig. 137.—Muro de cerca de ladrillo hueco grande.

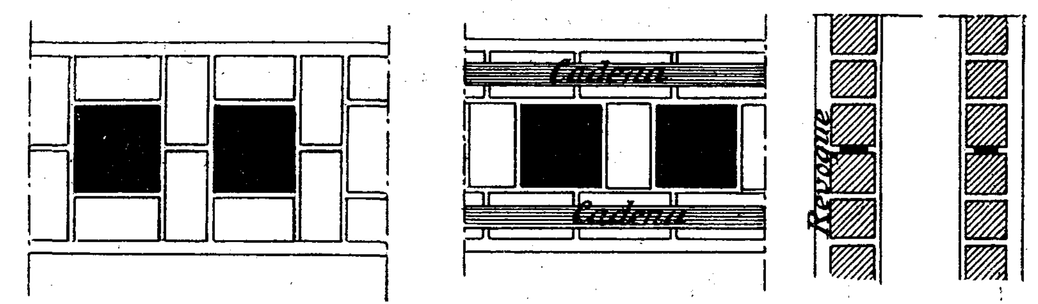
CAÑONES DE CHIMENEAS

Como que, en la construcción moderna, los cañones de chimenea empotrados o adosados a los muros se hacen siempre de ladrillo o con caños de barro cocido, nos ocuparemos aquí de ellos.

Antiguamente, los cañones de chimenea eran de gran sección para que permitieran el paso del fumista; en la actualidad, como en las ciudades está tan caro el terreno, no se les puede dar dimensiones tan grandes, pues ocupan un espacio que puede emplearse útilmente, y además una sección más pequeña es suficiente para asegurar un buen tiro; sólo hay que cambiar la manera de deshollinar.

Estudiemos algunos de los casos que se pueden presentar en la práctica.

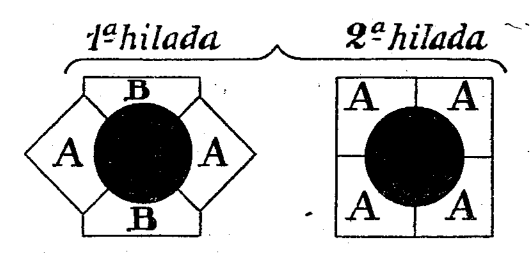
Conductos en el espesor de una medianería.—Aunque la mayor parte de las ordenanzas prohiben la colocación de conductos de



Figs. 138, 139 y 140.—Conductos de humos de ladrillo ordinario.

humos en el espesor de los muros medianeros, se tolera algunas veces tomando las precauciones necesarias para evitar incendios; por lo demás, pueden alojarse en los muros divisorios.

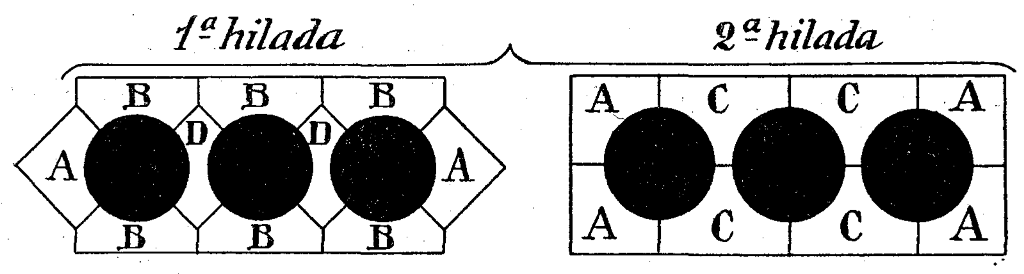
En un muro medianero cuyo espesor varíe entre 45 y 50 cm, se pueden construir los conductos de humos con ladrillo ordinario, y el muro tiene la sección que indica la figura 138; el tabique protector ès de medio ladrillo por lo menos.



Figs. 141 y 142.—Conducto de humos de ladrillo aplantillado.

Es necesario tener cuidado en la construcción de los tabiques que separan dos conductos contiguos y en el enlucido de cada conducto, para impedir toda comunicación entre ellos.

Se tacha a estos conductos el debilitar los muros y perjudicar la estabilidad del conjunto, lo que es cierto; pero hay un procedimiento,

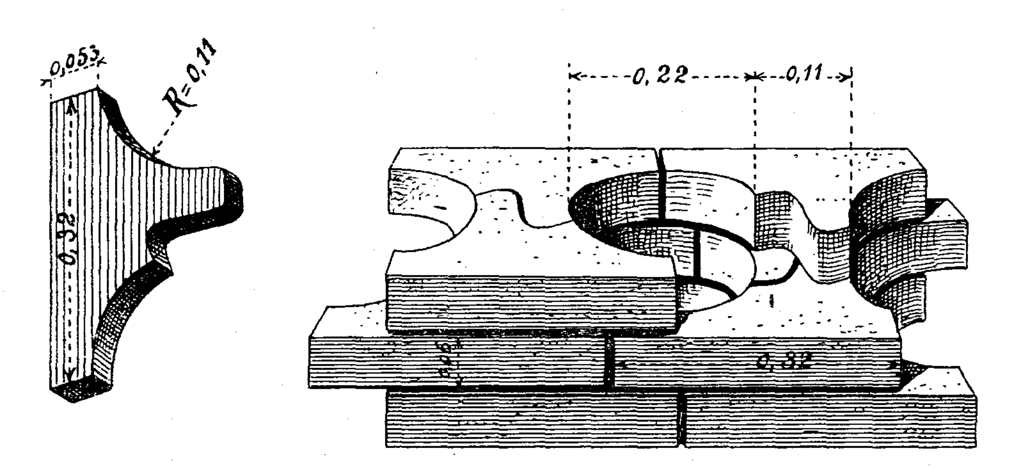


Figs. 143 y 144.—Conductos de humos de ladrillos aplantillados.

que hemos empleado, que da al muro parcialmente hueco una trabazón completa. El procedimiento consiste, sencillamente, en el empleo

de dos cadenas que pasan por cada lado de los cañones y perfectamente amarradas en sus extremos (figs. 139 y 140).

También se hacen cañones de chimenea de sección circular empleando ladrillos aplantillados de forma especial para este uso.

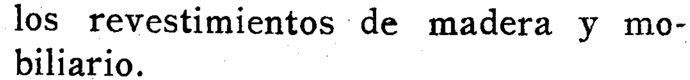


Figs. 145 y 146.—Conductos de humos sistema *Morel.*

Las figuras 141, 142, 143 y 144, representan la disposición de dos hiladas sucesivas; los ladrillos que las componen toman, en Francia, los nombres siguientes a causa de sus formas respectivas:

A se llama *escuadra,*
B » » *bacía,*
C » » *sombrero de comisario,*
D » » *violín.*

Estos ladrillos se fabrican de 6,5 a 7,5 cm de espesor y de dimensiones diversas para formar chimeneas en muros de 40, 45 y 50 cm, y como el tabique no tiene más que 5 ó 6 cm de espesor, se aplica por fuera un revoco de 2,5 a 3 cm de espesor, sobre el que se da después el enlucido. El revoco tiene el fin de aislar bien


los revestimientos de madera y mobiliario.

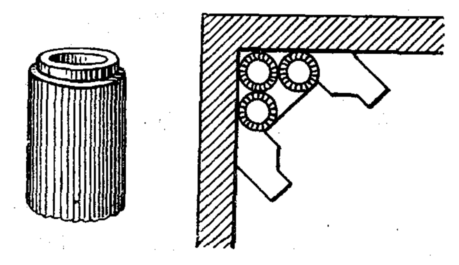
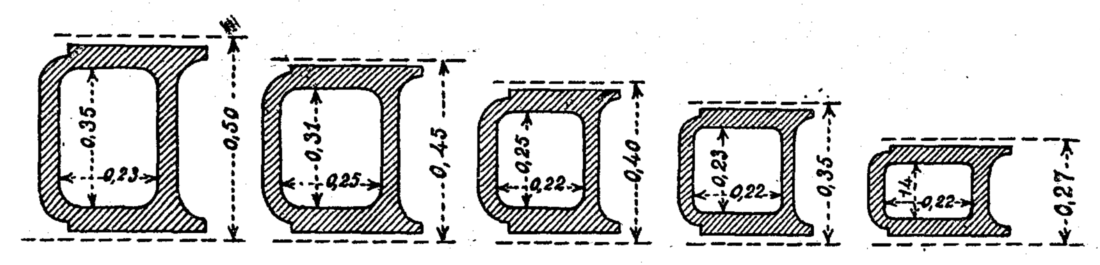


Fig. 147. Fig. 148.
Cañones redondos.

Morel ha encontrado una disposición muy ingeniosa que con una sola forma de ladrillos permite formar conductos de humos en los muros (figuras 145 y 146).

Tubos de humos de sección circular y cuadrada.—En las construcciones muy económicas y cuando no lo



Figs. 149, 150, 151, 152 y 153.—Diferentes tipos de *vagones.*

impiden las ordenanzas, se emplean con frecuencia los caños de barro cocido de 19 cm de diámetro (fig. 147), que son fáciles de alojar en

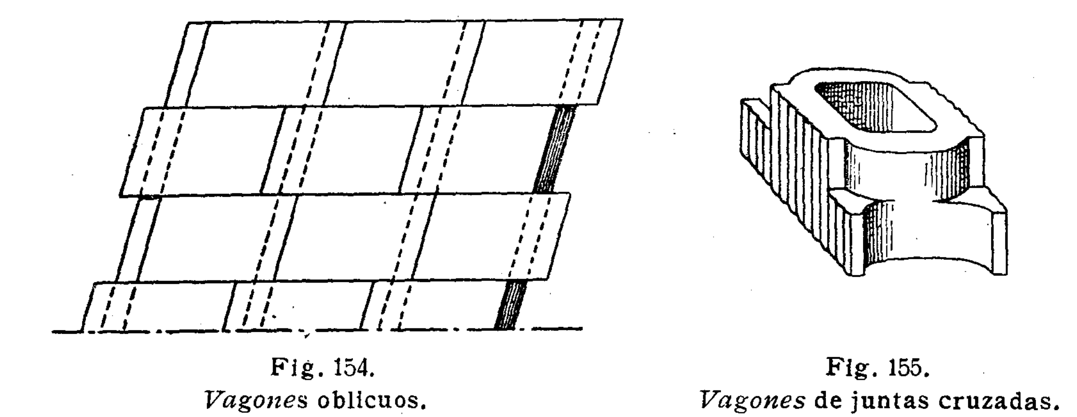


Fig. 154.
Vagones oblicuos.

Fig. 155.
Vagones de juntas cruzadas.

los ángulos de los muros siempre que las chimeneas ocupen dicha posición, según puede verse en el croquis de la figura 148.

Figs. 156 y 157.—Colocación de los *vagones* de juntas cruzadas.

Los tubos de secciones cuadrada o rectangular, denominados *vagones,* se emplean mucho en las construcciones actuales.

Estos vagones se fabrican para muros de 27, 35, 40, 45 y 50 cm, comprendido el revoque; tienen un espesor de 4 a 6 cm; su sección afecta la forma de D y miden de 16 a 25 cm de altura, según los fabricantes (figs. 149, 150, 151, 152 y 153). Al colocarlos debe cuidarse de poner los ganchos alternativamente a la derecha y a la izquierda para ligar el cañón con el muro.

Como es, casi siempre, imposible en una construcción disponer verticalmente todos los cañones de las chimeneas, hay necesidad

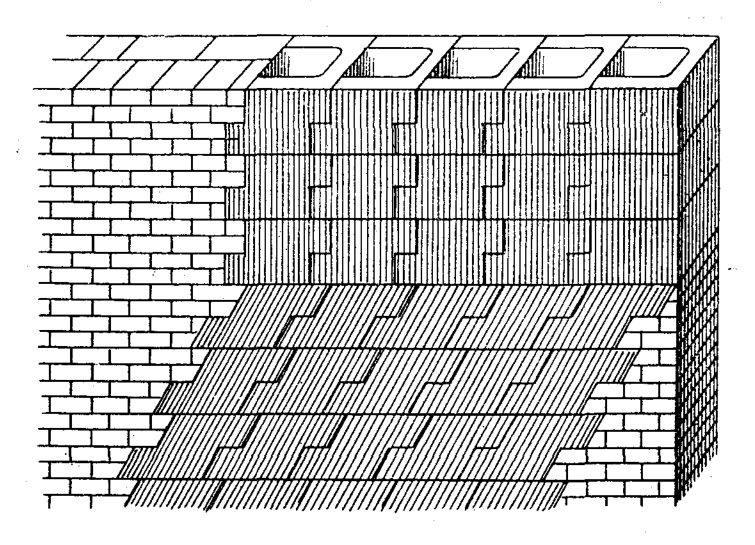


Fig. 158.—Conductos de humo sistema *Houdin*.

de *desviarlos*, es decir, inclinarlos hacia la derecha o hacia la izquierda, según convenga; para esto se fabrican piezas oblicuas (figura 154), que permiten siempre llevar el tubo hacia el sitio que deba ocupar. Conviene que esta inclinación no pase de los 30° con la vertical.

Otro sistema de piezas para cañones es el de Houdin, que

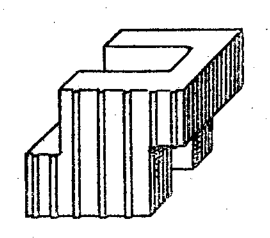


Fig. 159.
Elemento intermedio.

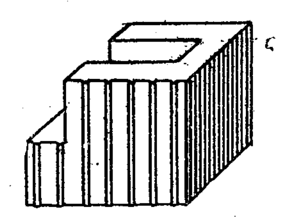


Fig. 160.
Elemento de cabeza.

parece presentar ciertas ventajas. Damos una vista del conjunto en la figura 158 y detalles en las figuras 159 y 160.

El espesor de estas piezas de barro cocido es de 5 cm, que aumenta lo menos a 7 cm por el grueso del revoque, que tapona al mismo tiempo las juntas.

Se construyen elementos intermedios (fig. 159) y otros destinados a formar la cabeza del muro, cuando así convenga (fig. 160).

Los vagones sistema Lacôte son sin duda alguna, de los que conocemos, los mejóres, porque en ellos las juntas no están a un mismo nivel. Las juntas van cruzadas, y por la combinación muy estudiada de sus formas, avanzan unas sobre otras 16 cm. en altura (figs. 155, 156 y 157). Así no puede establecerse comunicación entre los conductos juxtapuestos, lo que sucede a menudo cuando las juntas están a nivel, como en los vagones ordinarios.

Los vagones oblicuos se hacen como en los demás sistemas, y los fabricantes fabrican medios vagones, tanto para facilitar la colo-

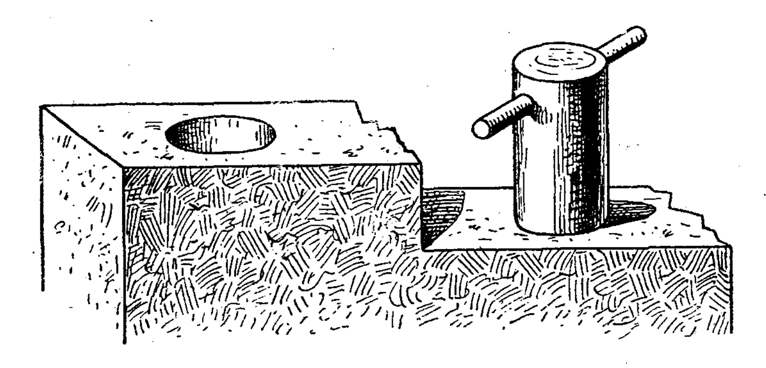
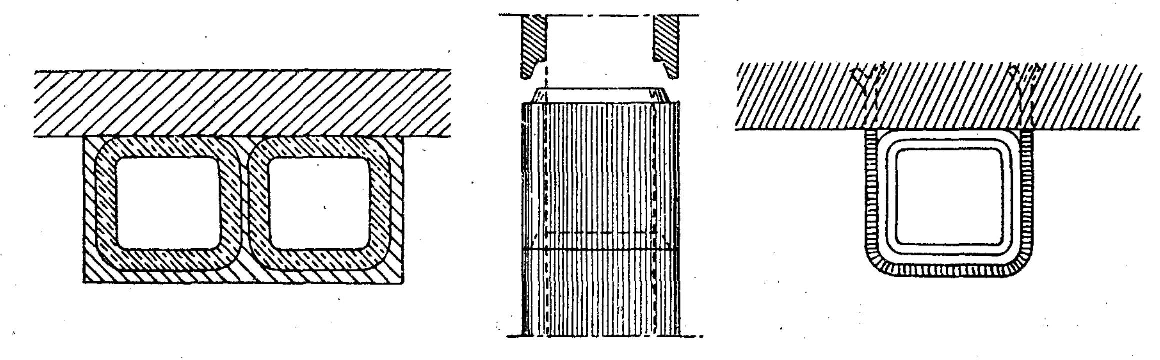


Fig. 161.—Conductos de humo moldeados.

cación del encadenado como para enrasar los conductos en los remates.

En las construcciones hechas con materiales pequeños, hormigones, mampostería de piedra menuda, etc., los conductos se moldean al mismo tiempo que se eleva la fábrica. Para esto se emplea un mandril cilíndrico de la forma indicada en la figura 161, que se quita en cuanto se ha construído el trozo de muro.

Cañones adosados. — Estos conductos, revestidos enteramente por una camisa de yeso y cuyas juntas pueden alternar fácilmente,

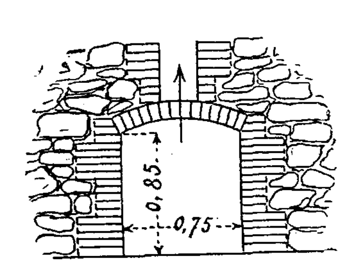


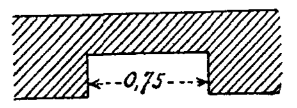
Figs. 162, 163 y 164.— Cañones adosados.

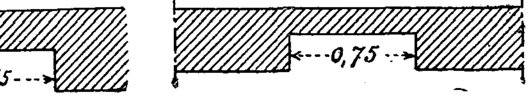
ofrecen menos peligro de comunicación que los otros, pero tienen la gran desventaja de ocupar en las habitaciones un espacio considerable y de no poder adosarse más que a muros de 25 cm de espesor por

lo menos (como es obligación en París); en ciudades donde no se exige tal requisito pueden adosarse muy bien las chimeneas a un tabique de medio ladrillo de espesor (fig. 162).

Estos conductos suelen tener 33 cm de longitud y sus dimensiones ordinarias son 13 × 15 cm, 17 × 19 cm, 19 × 22 cm, 16 × 25 cm, 22 × 25 cm, 25 × 30 cm, 30 × 30 cm. La superficie exterior está estriada, para facilitar la adherencia de los enlucidos, y cada elemento se enchufa ligeramente con el que está inmediatamente inferior (fig. 163); se fijan en el muro cada metro y medio, con un collar de hierro que se empotra (fig. 164).

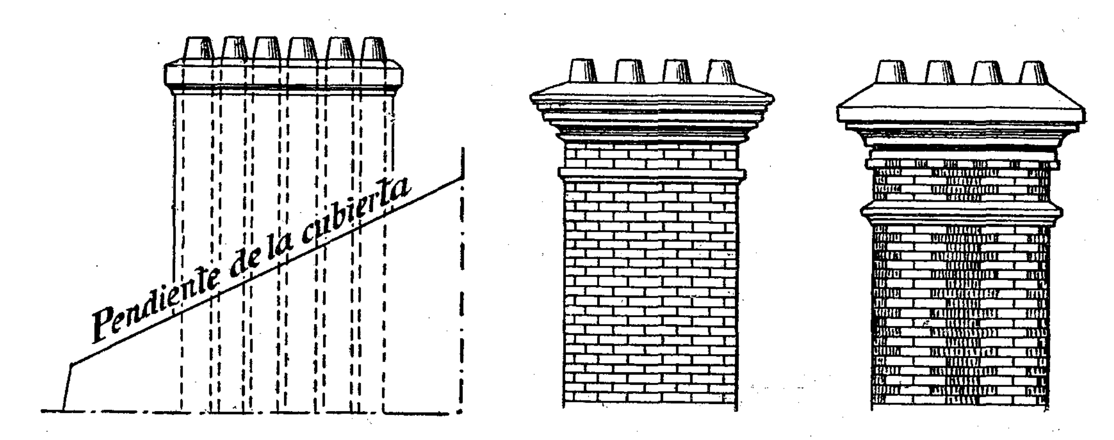






Figs. 165 y 166. Fig. 167.
Hogar en el espesor de un muro.

Hogares en el espesor de los muros.—Cuando se quiere establecer un hogar en el espesor de un muro, se construye de ladrillo toda la parte que ha de ocupar. Si el muro es medianero, se debe dar al trashoguero la mitad del espesor del muro (figs. 165 y 166); si

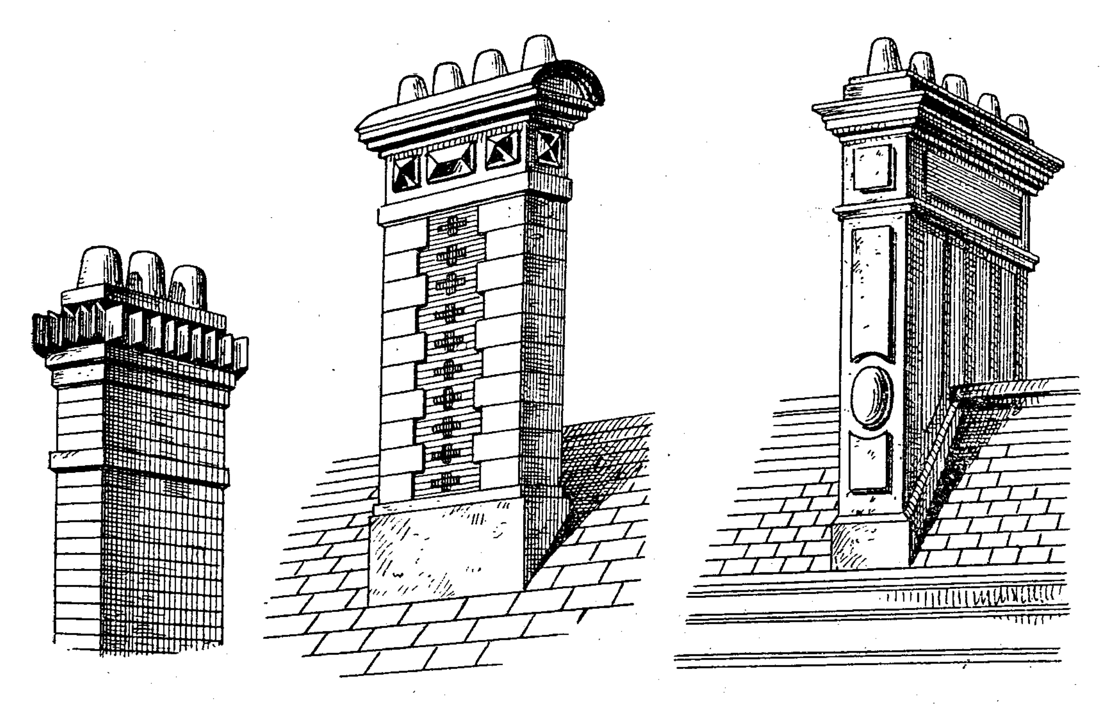


Figs. 168, 169 y 170.—Tipos de remates.

el muro es interior, se puede dar al trashoguero un espesor menor (15 cm por lo menos) a fin de tener sitio para colocar un aparato en dicha profundidad (fig. 167).

Remates de chimeneas.—Se llama remate la parte de chimenea que emerge del techo. Los remates, para asegurar el tiro, deben rebasar los caballetes, es decir, el punto más alto de la cubierta, 40 a 60 cm, por lo menos. Se hacen de yeso, de piezas de barro cocido con camisa de yeso (fig. 168), de ladrillos más o menos decorativos (figs. 169 y 170) y, por último, de ladrillo, de piedra y ladrillo o de piedra (figs. 171, 172 y 173). Los remates de yeso deben tener siempre cubierta la parte superior con cinc. No menciona-

remos las chimeneas de palastro, que no tienen de común, con las que hemos indicado, más que el diámetro o sección de paso del humo.



Figs. 171, 172 y 173.—Tipos de remates decorativos.

OBRAS COMPLEMENTARIAS

Con esta denominación se comprenden todas las obras de fábrica hechas con yeso y cascote, tales como los rejuntados, revocos, repellos, enlucidos, tabiques, entramados de madera, tubos de chimenea, cielorrasos, rebajos, molduras, etc., que vamos a examinar brevemente.

El *rejuntado* consiste en rellenar con mortero de yeso o de cemento, las juntas de los materiales que constituyen los paramentos de los muros.

Se empieza raspando y regando las juntas en una profundidad de 2 a 3 cm, echando bastante agua; después se rellenan con mortero

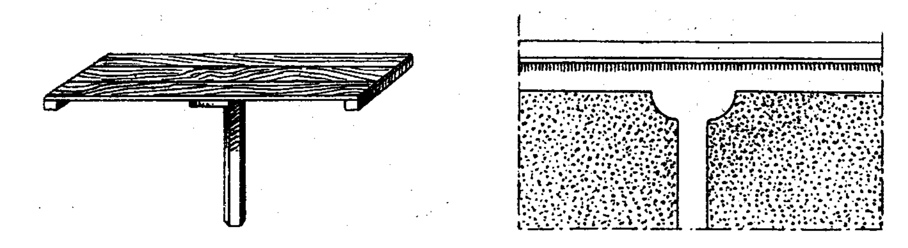


Fig. 174.—Talocha. Fig. 175.—Enlucido moteado.

empleando una llana puntiaguda y, por último, se alisan las juntas o se dejan sin alisar.

Los *enfoscados* son enlucidos de espesor mayor que los ordina-

rios, que se hacen por el espesor insuficiente de los muros o para corregir algunos defectos del paramento.

Se llama *revoco* un enlucido grueso que se da a los muros con la llana estando el yeso amasado claro, o con *talocha* (fig. 174) si el yeso empieza a fraguar en la artesa. El revoco moteado se obtiene con un repello ordinario y un enlucido dado con la escoba (figura 175); muchas veces se encierran en marcos o cercos como se ve en la figura.

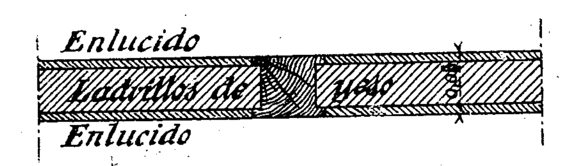
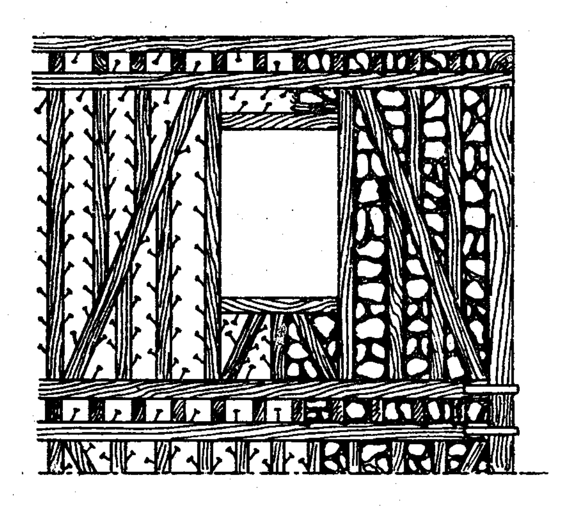


Fig. 176.—Corte horizontal de un tabique construído con ladrillos de yeso.

El *enlucido* es un revestimiento que se extiende por capas delgadas sobre los muros, para dar continuidad a los paramentos, a fin de que puedan recibir un tapiz o papeles pintados. Nunca


Fig. 177.
Forjado de un entramado de madera.

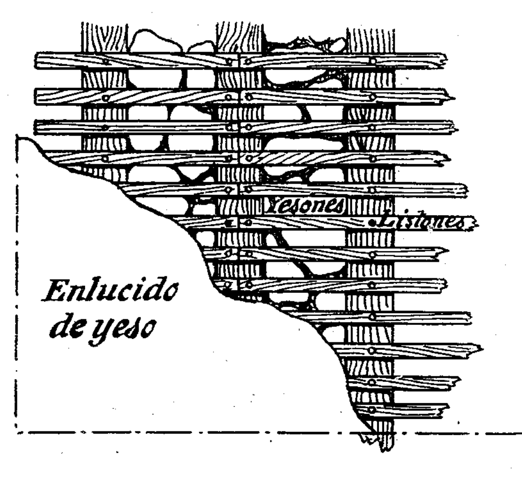


Fig. 178.
Enlucido de un entramado de madera.

se enluce el paramento exterior de los muros de sillería y el interior sólo cuando las piedras no están labradas regularmente, mediante un enlucido de espesor no uniforme constituyendo enlucido

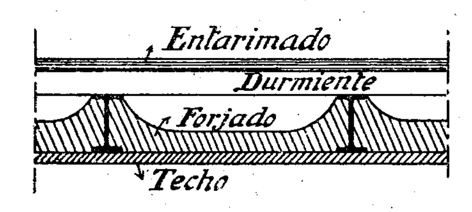


Fig. 179.
Cielorraso sobre forjado.

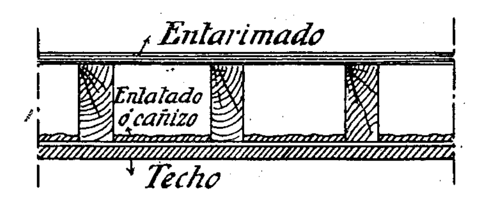


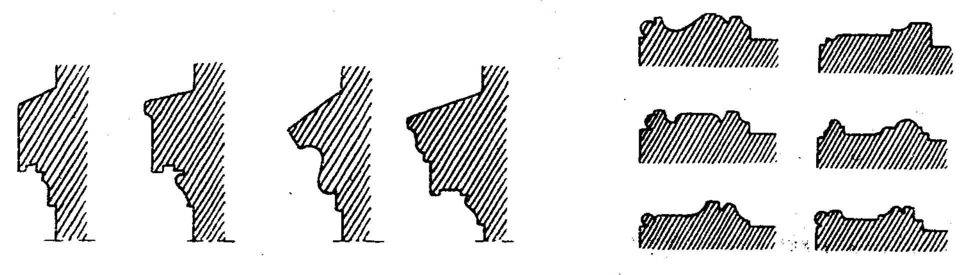
Fig. 180.
Cielorraso sobre enlistonado.

o revoco, según la forma del sillar. A los paramentos de ladrillos siempre se les da un enlucido, tanto a los interiores como a los exteriores; algunas veces éstos no se revocan si el ladrillo es bastante fino para poder quedar aparente.

Los *forjados de suelos* son una especie de tabique horizontal

dispuesto entre las viguetas que componen el piso. La descripción de ellos la haremos al tratar de los suelos.

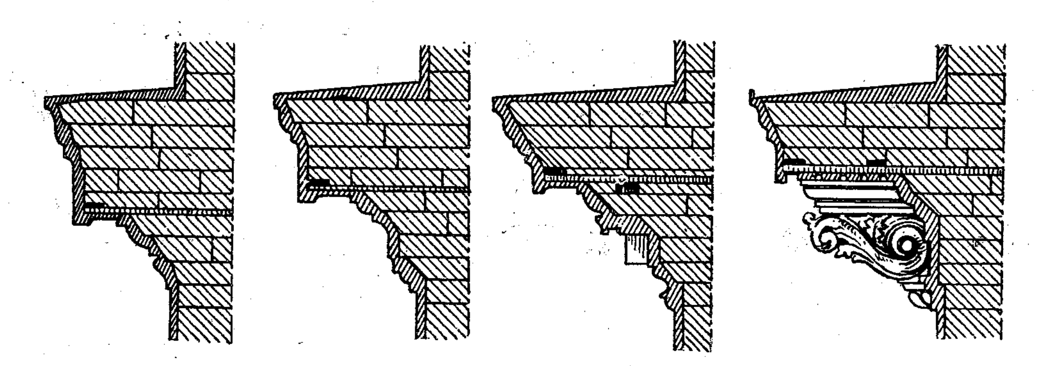
Los *tabiques ligeros,* al principio, eran un entramado de madera de poco espesor, revestido de listones por ambas caras, relleno de yesones o de yeso y luego enlucido. En la actualidad se hacen los tabiques con ladrillos de yeso, enlucidos por ambas caras y consoli-



Figs. 181, 182, 183 y 184. Molduras. Figs. 185, 186, 187, 188, 189 y 190. Jambajes.

dados con postes de relleno con escuadría de 8 × 8 cm, acepillados por dos caras y con salientes en las otras para que el yeso se adhiera fuertemente. Estos postes deben colocarse cada metro y medio como máximo (fig. 176).

Cuando hablemos de las obras de madera examinaremos los *entramados de madera,* desde el punto de vista de la armazón o esqueleto; aquí sólo diremos algunas palabras sobre el relleno o forjado de los mismos. El forjado o fábrica de relleno de los entramados de madera se hace de la manera siguiente (fig. 177): se acribillan primeramente, con *clavos de barquilla,* las caras de las



Figs. 191, 192, 193 y 194.—Cornisas de coronación.

piezas de madera para que la fábrica se adhiera mejor; después se colocan, en los huecos que deja la madera, fragmentos de piedra, de ladrillo o de yesones trabados con mortero, de yeso o de la clase que haya en la localidad. También se da con frecuencia a la fábrica el mismo espesor que a la armazón, y después se cubre el conjunto con un enlistonado destinado a recibir el enlucido (figura 178).

Se llama *cielorraso* el revoco y enlucido que cubren la superficie inferior de un suelo (con vigas de madera o de hierro) y que se aplica

sobre el forjado del piso (fig. 179) o sencillamente sobre un enlistonado (fig. 180).

Las *molduras* son perfiles destinados a adornar las fachadas de

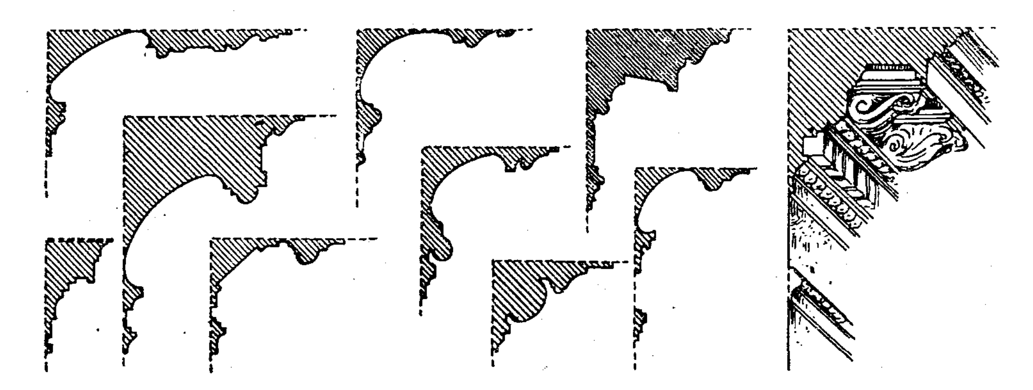


Fig. 195 a 204.—Cornisas de techos.

las casas, las diferentes piezas que constituyen un cuarto y también para enlazar el cielorraso con las paredes (figs. 181 a 204); de ellas nos ocuparemos en otra ocasión.

Andamios.—Los andamios son construcciones provisionales de madera, fijas o móviles, destinadas a sostener los obreros y los materiales durante la edificación o la reparación de las casas y obras de fábrica cualesquiera. Están formados de uno o de varios pisos superpuestos y sostenidos por piezas de madera que se apoyan en el suelo o en los muros o colgados con cuerdas.

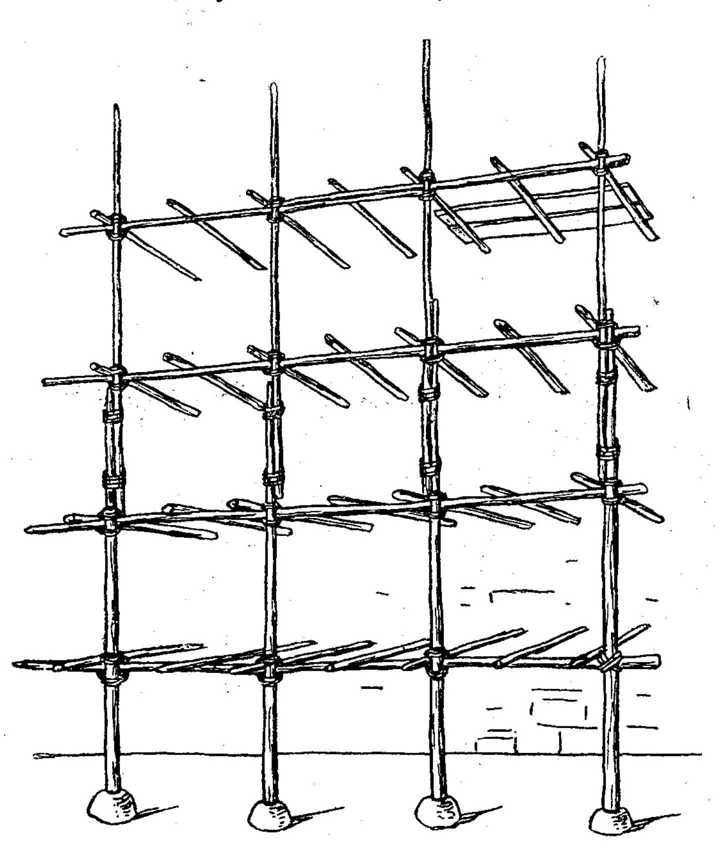


Fig. 205.—Andamio.

Nunca se recomendará bastante los cuidados que deben tomarse en la construcción de los andamios, pues de su solidez depende la seguridad de los obreros que han de utilizarlos.

Se distinguen dos clases de andamios: los armados por los albañiles y los ejecutados por los carpinteros.

Los *andamios de albañil* son los más sencillos y los que más generalmente se usan; son los que de ordinario se utilizan en los edificios. Los hay de tres clases diferentes:

1.° Los *andamios sobre planos verticales* (fig. 205), que se cons-

truyen colocando, a 1,50 m, apróximadamente, de distancia del muro que se va a elevar, *zancas* o *almas* con separación de unos dos metros. Los pies de las zancas se empotran en el suelo, o sencillamente se apoyan en el mismo sostenidas por macizos de piedra y yeso. Estas zancas se enlazan entre sí por piezas horizontales que se sujetan a las mismas, con cuerdas bien atadas. Después, con intervalos de 1,70 a 1,85 m, aproximadamente, y a medida que se avanza la construcción, se colocan los travesaños, *puentes* o *almojayas,* que se fijan a las zancas con cuerdas, apoyando en las piezas horizontales, y se empotran en el muro por el otro extremo. Sobre los puentes o almojayas, dispuestos como se ha dicho, se coloca un piso provisional de tablones; el espesor de éstos varía entre 3 y 5 cm y van zunchados en sus extremos, debiendo tenerse cuidado de que no *basculen* los tablones sobre las almojayas (fig. 206), pues los descuidos son los que frecuentemente ocasionan accidentes. Las zancas y almojayas quedan fijas hasta la terminación de las obras a que han dado origen; solamente se cambian los tableros a medida que se avanza, dejando en cada piso sólo un tablón destinado al servicio.

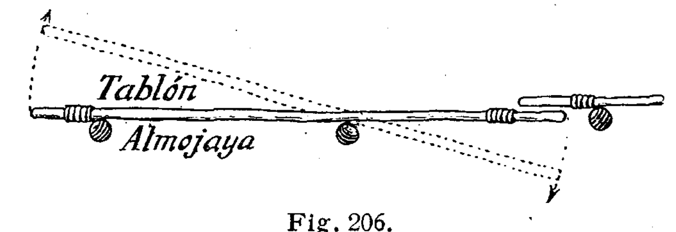
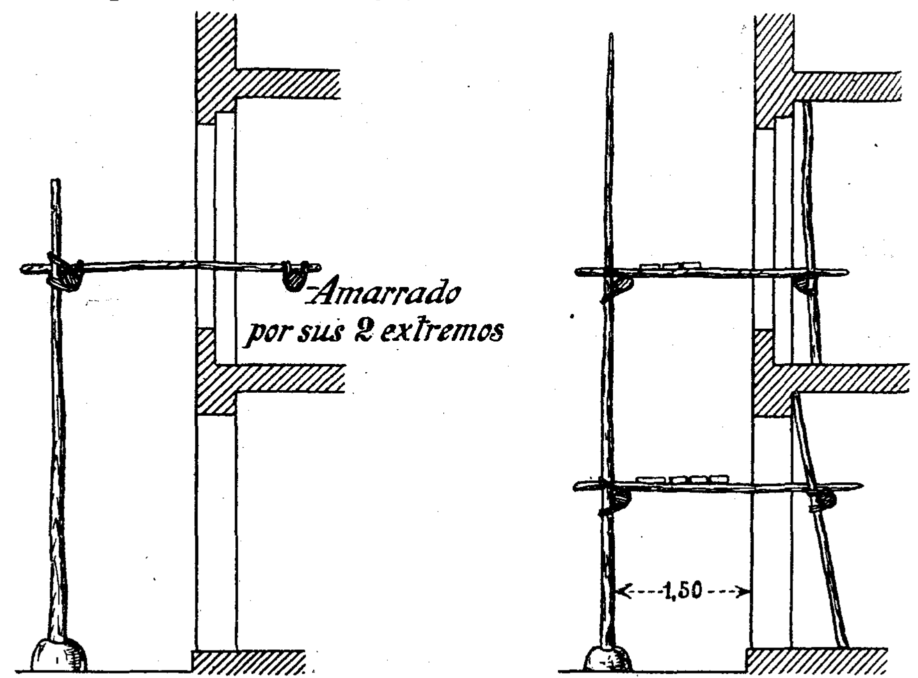


Fig. 206.
Basculamiento de los tablones de un andamio.

Si la construcción es de sillería, se comprende que no es posible pensar en empotrar las almojayas; entonces, teniendo en cuenta la planta, se deben colocar las zancas de manera que se puedan hacer pasar las almojayas por los vanos y fijarlas en el interior por medio de cuerdas a piezas horizontales o verticales, según los casos representados en las figuras 207 y 208.



Figs. 207 y 208.—Andamios sin empotramientos, para fachadas de sillería.

Cuando la longitud de las zancas no es suficiente, hay que *empalmarlas,* es decir, prolongarlas con otras que se unen a las primeras por medio de una cuerda a la que se da un gran número de vueltas.

El grueso de las zancas en su pie es de unos 15 a 18 cm y su longitud varía de 5 a 8 metros. Las almojayas tienen en general 2,50 m de longitud y de 8 a 12 cm de diámetro.

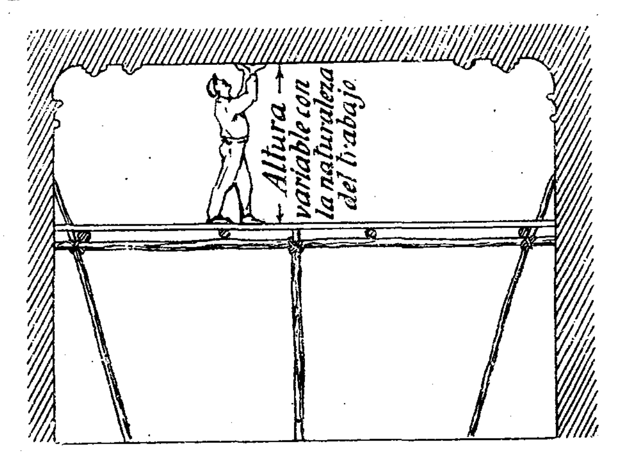
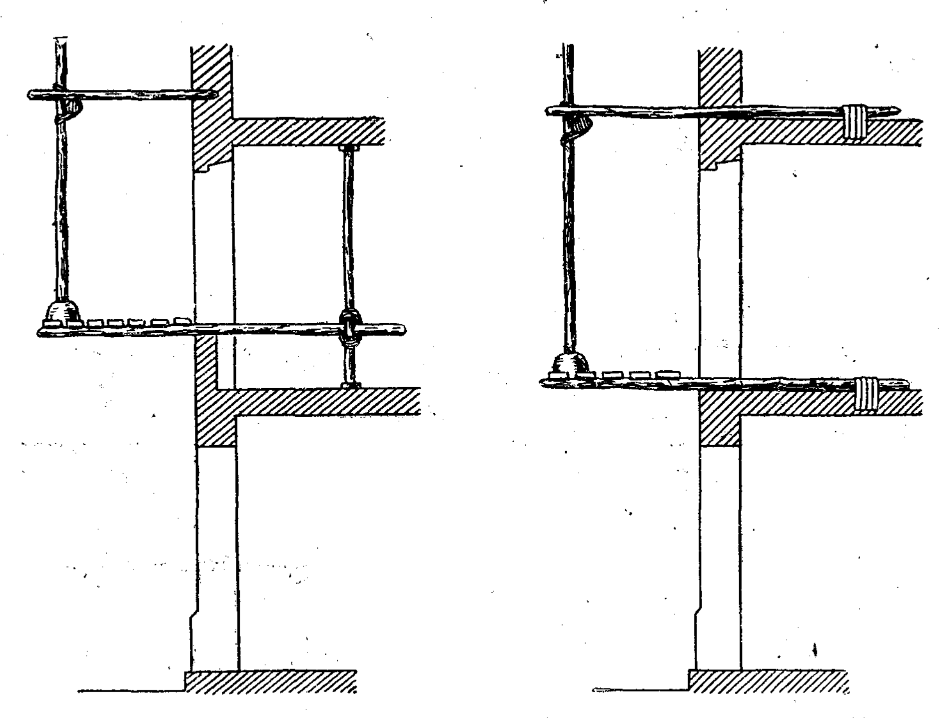


Fig. 209.—Andamio horizontal.

2.° Los *andamios horizontales* son los destinados a la construcción de techos, cornisas y todos los trabajos que se ejecuten por debajo; son pisos colocados a la altura conveniente para que los obreros puedan trabajar sin recurrir a las escaleras (fig. 209). La construcción de este andamio es análoga a la del andamio precedente.

3.° Los *andamios volantes,* que se emplean en trabajos parciales de poca importancia, y también cuando no pueden apoyarse en el suelo los pies de las zancas. A menudo se utiliza el sistema de andamio llamado de *báscula,* que puede establecerse de modos distintos.



Figs. 210 y 211.—Andamios de báscula.

En la figura 210 adjunta, damos la aplicación a un trabajo de reparación, pero en una obra nueva puede adoptarse la disposición de la figura 211, en la que se utilizan las viguetas o cualquier otro procedimiento, según el sitio y las condiciones de la obra.

Los *andamios de carpintero* son andamios de ensamblajes; gene-

ralmente están destinados a trabajos de varios años de duración, en los monumentos públicos, por ejemplo. Se hacen con maderas escuadradas, ensambladas y reforzadas con pernos; están provistos de escaleras y algunas veces tienen también cerchas y cubiertas.

Apeos.—Se llama *apeo* una combinación de entramados de madera dispuesta para sostener un muro que amenaza ruina, recal-

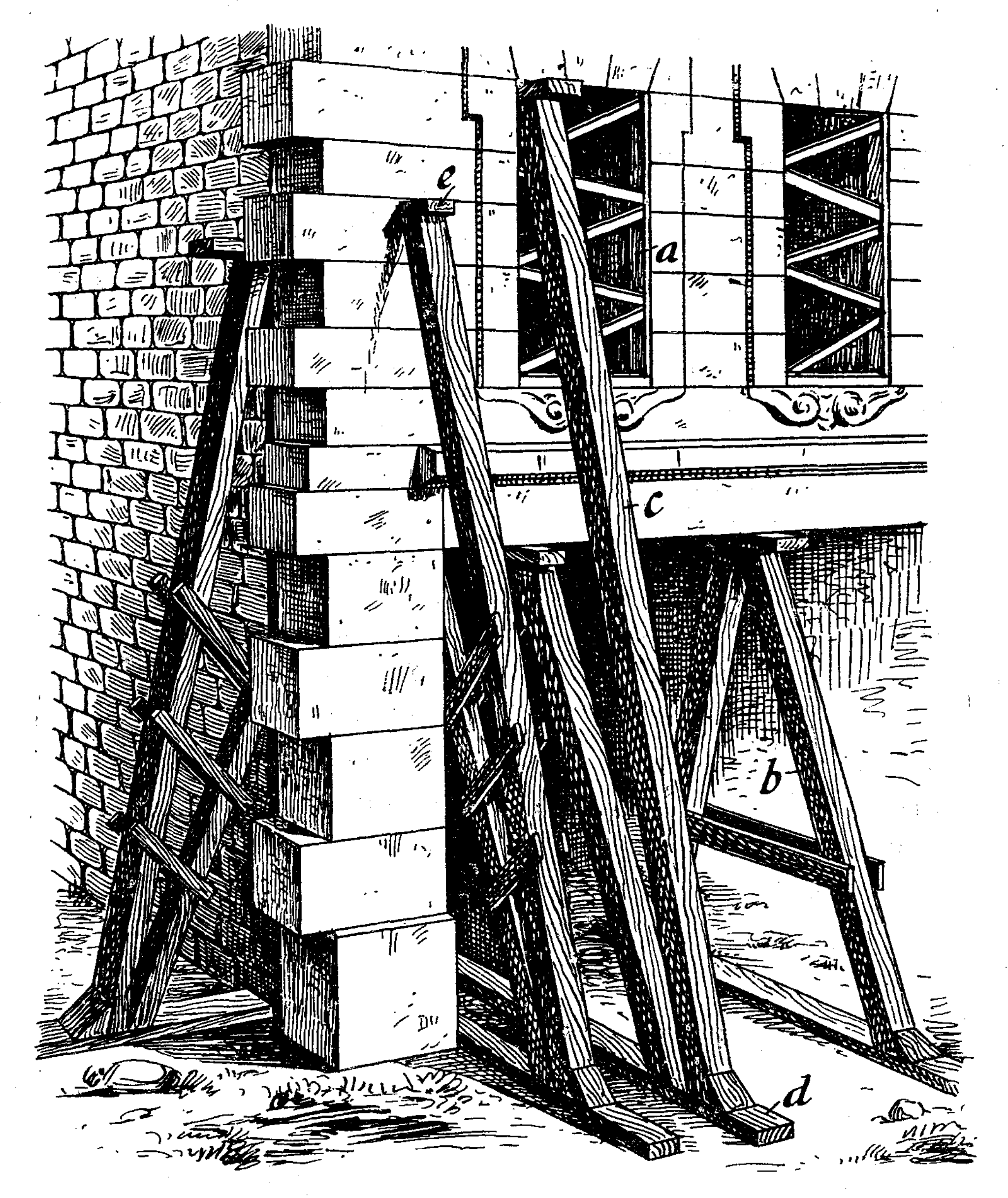


Fig. 212.—Apeo de un edificio.

zar una construcción, o también oponerse al empuje de las tierras de una trinchera.

Se emplean los *puntales* para sostener las partes superiores de un edificio cuando se quieren recalzar ciertos elementos del mismo y cuando se quiere abrir un vano en un muro ya construído. En la figura 212 suponemos el *apeo* de una fachada y de una medianería que amenazan ruina. Primeramente se han dispuesto, a lo largo de las jambas de las ventanas, las tablas *a* que se sostienen y aprietan contra los entrepaños por *codales* en ziszás fuertemente acuñados.

Después se ha sostenido el dintel con *apeos b* en número conveniente, y por último las partes superiores se han sostenido con grandes piezas de madera inclinadas *c*, llamadas *puntales,* que se apoyan en una solera *d* y ejercen su esfuerzo sobre una *egión e.* Muchas veces se colocan puntales pareados que parten del mismo sitio de la solera y

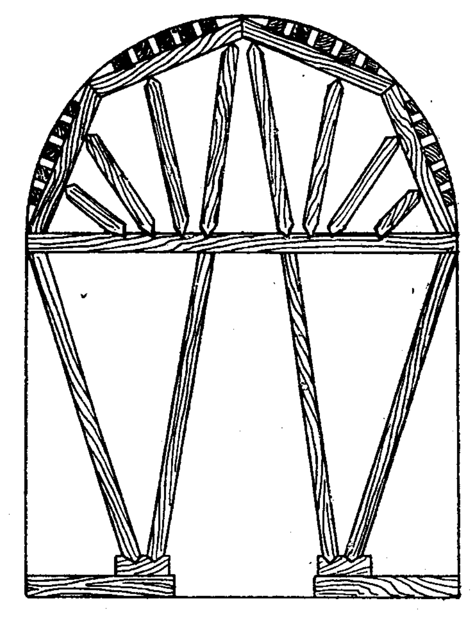




Fig. 213.—Apeo de un vano.

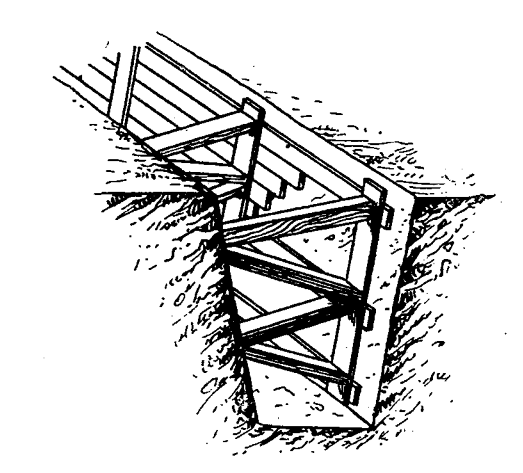


Fig. 214.—Acodalamiento de una zanja.

van a sostener al muro en dos partes distintas, y entonces el más pequeño se apoya contra una tabla o también en una cuña como el otro. Para evitar la flexión lateral, que siempre es posible, se arriostran entre sí los puntales para hacerlos solidarios, como se ve en el dibujo.

Cuando hay que apear un vano arqueado puede emplearse la disposición indicada en la fig. 213. Por último, cuando hay que sostener tierras se emplearán tablones y puntales, cuando se trate de una excavación ancha, y codales cruzados si se trata de una zanja (fig. 214)

Cimbras.—Las cimbras se emplean para construir arcos y bóve-

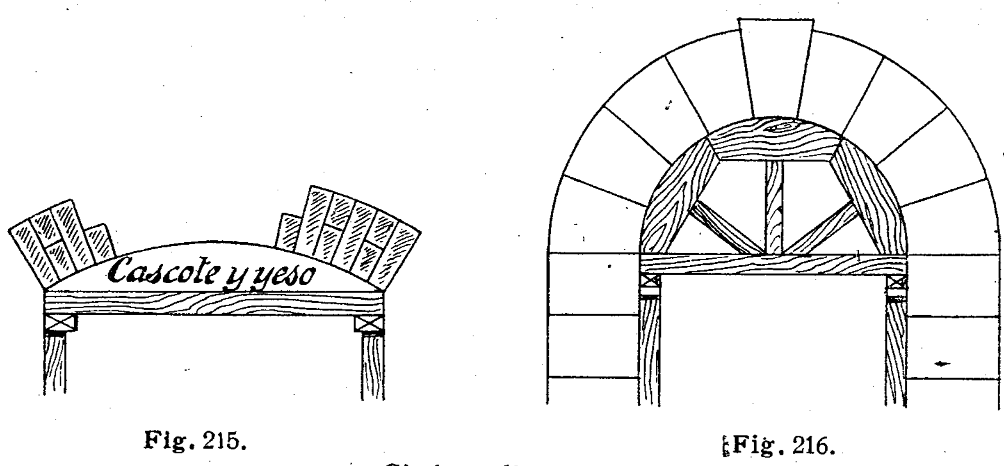


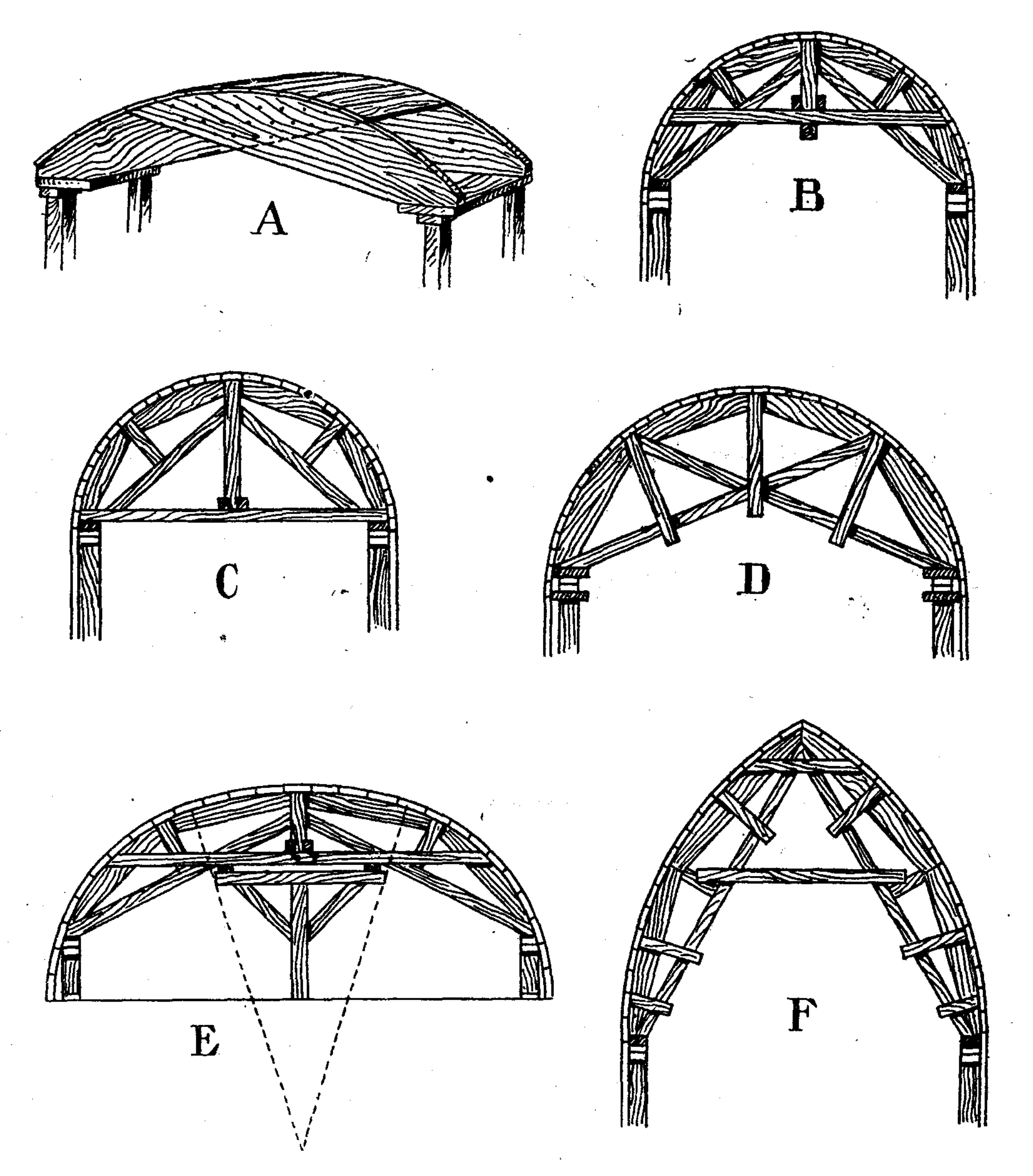
Fig. 215. Fig. 216.

Cimbras diversas.

das. Con frecuencia, para voltear un arco único o que no deba quedar aparente, sólo es necesario hacer una cimbra con yesones y yeso

(figura 215), que se deshace después de construído el arco y cuando éste se ha asentado suficientemente.

Para un vano ordinario, la figura 216 muestra lo que debe hacerse; la cimbra está compuesta, en este caso, de dos montantes que sostienen un travesaño y la cimbra propiamente dicha, compuesta de



Figs. 217, 218, 219, 220, 221 y 222.—Cimbras diversas.

cuatro o seis piezas. Para el ladrillo es preferible hacer dos cerchas de camones reunidas por un enlistonado (fig. 217).

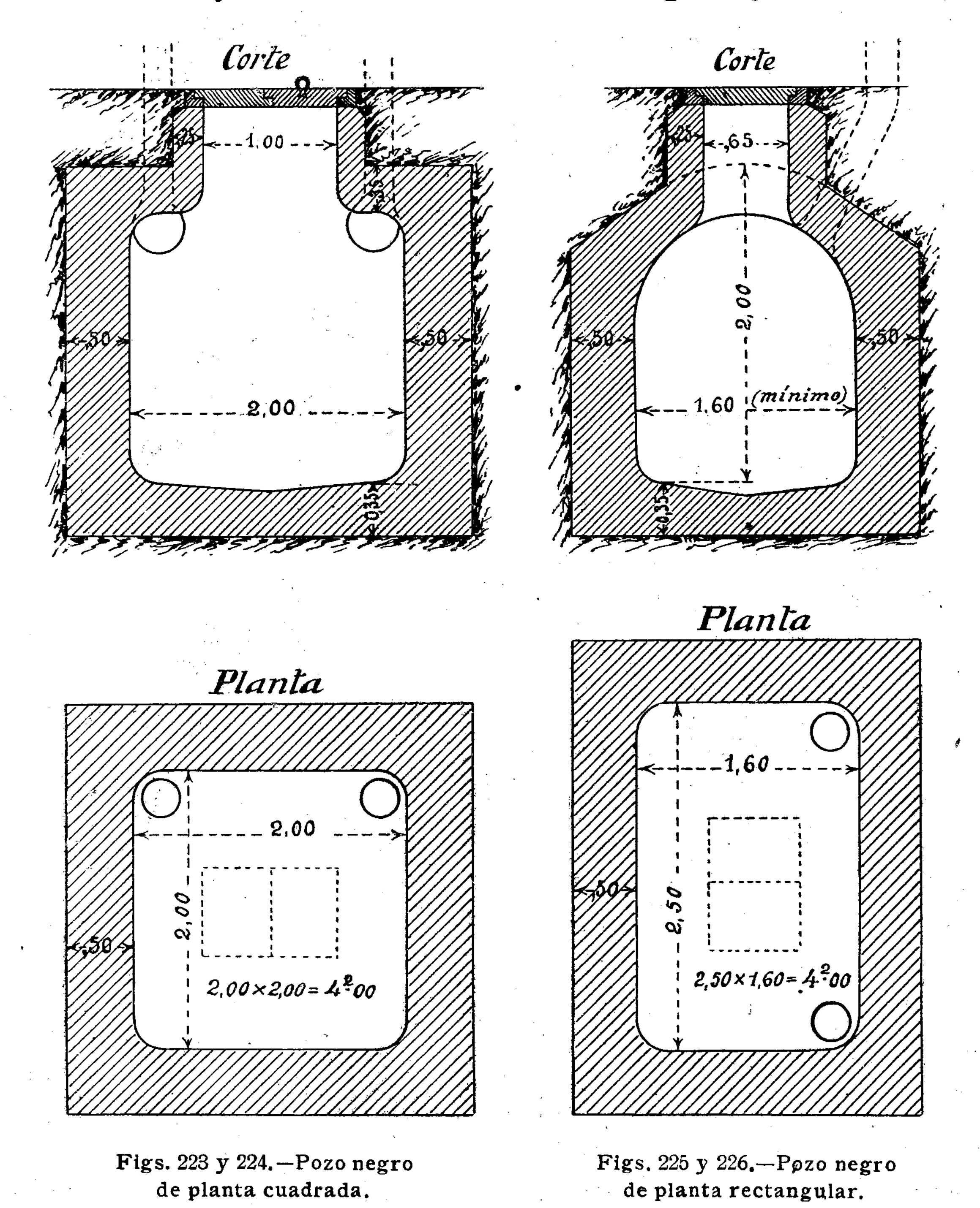
Para las bóvedas propiamente dichas (figs. 218 a 222) damos cierto número de cimbras de aplicación. La separación de las cerchas o cuchillos que constituyen la cimbra es de 1,50 m, por término medio. Si la bóveda es muy ligera se puede aumentar esta distancia.

Pozos negros.—Se distinguen dos clases de pozos negros: los fijos y los móviles.

Toda edificación que no tenga su evacuación a una alcantarilla debe estar dotada de un pozo negro para el uso de sus habitantes. La

superficie de los pozos negros no debe bajar de cuatro metros cuadrados. La altura de la bóveda, medida bajo el intradós, debe ser de 2,00 m, por lo menos. Pueden ser de planta cuadrada (figs. 223 y 224) o de planta rectangular (figs. 225 y 226).

Los muros deben tener 45 cm de espesor, el zampeado y la bóveda 35 cm y la flecha del arco debe ser igual, por lo menos, a



Figs. 223 y 224.—Pozo negro de planta cuadrada.

Figs. 225 y 226.—Pozo negro de planta rectangular.

los dos tercios del radio. La fábrica debe ser de mampostería careada, trabada con mortero hidráulico y cubierta con un enlucido de cemento.

El registro para la limpieza puede ser de piedra (fig. 227) o de fundición (fig. 228), debe ser de dos piezas y tener 1,00 × 0,65 m de paso libre, sin comprender el marco o cerco. Cuando se emplea

la piedra, el cerco se puede hacer de cuatro piezas, como muestra la figura 227.

Si existe una chimenea de extracción que tenga más de 1,50 m de altura, la mayor dimensión de la sección será igual a los dos tercios de su altura.

El tubo de bajada debe desembocar directamente en el pozo

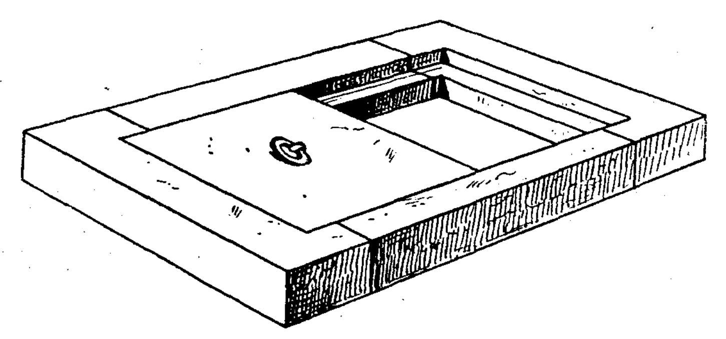


Fig. 227.—Registro de piedra para pozo negro.

negro y por arriba debe subir hasta la altura de los remates de las chimeneas, para asegurar su ventilación.

El tubo de ventilación, llamado corrientemente *ventilador,* es paralelo al tubo de bajada; ambos deben tener en el pozo negro penetraciones cuyas generatrices rectilíneas sean tangentes al arco de la bóveda y no presentar en su vértice un diámetro inferior a 25 cm, si son de barro cocido, y 20 cm si son de fundición. No obstante, algunas veces se autorizan, cuando hay alcantarillado, tubos para la canalización interior de 8 cm de diámetro. El tubo de bajada y el ventilador deben prolongarse hasta por encima de las cumbreras.

El establecimiento de un pozo negro está sometido a ciertas obligaciones; un pozo negro debe colocarse siempre a la mayor distancia

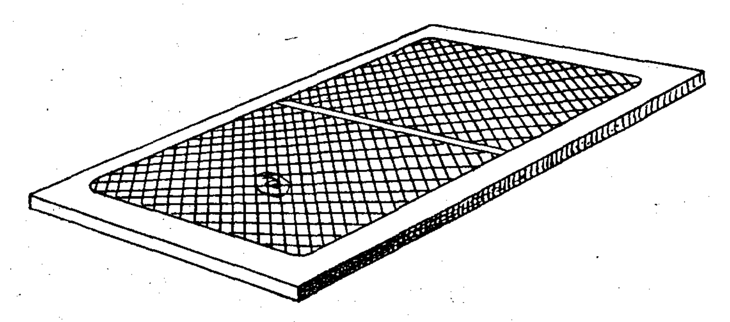


Fig. 228.—Registro de fundición para pozo negro.

posible de pozos de agua, siendo la menor distancia 1,30 m, medida desde los paramentos interiores. Cuando el pozo negro se construye contra un muro medianero, hay que construir un muro de aislamiento llamado *contramuro,* el cual debe tener un espesor de 32 cm (figura 229).

Los *pozos móviles* son en realidad pequeñas cuevas construídas como los pozos fijos, pero con una puerta de entrada, y en las que la

bóveda puede reemplazarse por un piso de hierro forjado con mortero de cal hidráulica. En estas cámaras se colocan las fosas móviles propiamente dichas, que consisten en toneles o recipientes más o menos grandes, de madera o de metal, que se llaman *cubetas* o *tinas*. Se llaman *fosas inodoras móviles* los recipientes provistos de un cierre hermético y zulacado. Una fosa móvil puede tener separador, es decir, estar provista de un aparato que verifica la separación de las materias sólidas y líquidas. En el caso en que los líquidos van a parar a la alcantarilla, la fosa se llama *filtrante a la alcantarilla*.

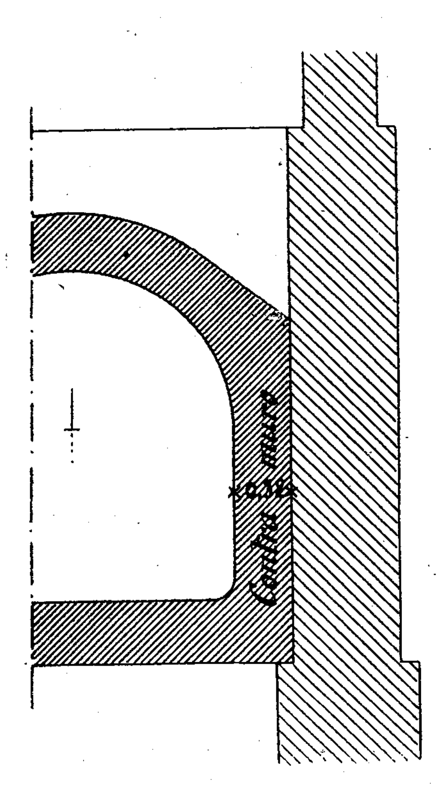


Fig. 229.
Contramuro de un pozo negro.

Se construyen los pozos negros con piedra molar, es decir, que se debe, siempre que se pueda conseguir, emplear con preferencia esta piedra, que siempre proporciona una buena fábrica. La piedra molar debe trabarse bien con mortero de cal hidráulica formando baño contra la tierra, y después se carea para recibir el enlucido.

En una fosa, deben redondearse todos los ángulos con un radio de 25 cm y el fondo debe formar cubeta debajo del registro de extracción.

El pozo se revoca después, por todas sus caras, con mortero de cemento y luego se aplica un enlucido de cemento puro.

Acometidas.—En todas las grandes ciudades se conducen directamente a la alcantarilla las aguas pluviales y caseras, lo que se puede hacer sencillamente por medio de una canalización. Toda propiedad que se construya en una calle que tenga alcantarillado debe estar provista de una acometida que una la propiedad con la alcantarilla (figura 230). Un tipo conveniente para las acometidas particulares tiene las siguientes dimensiones: 2,74 m de profundidad de excavación, medida por debajo del pavimento; 2,24 m

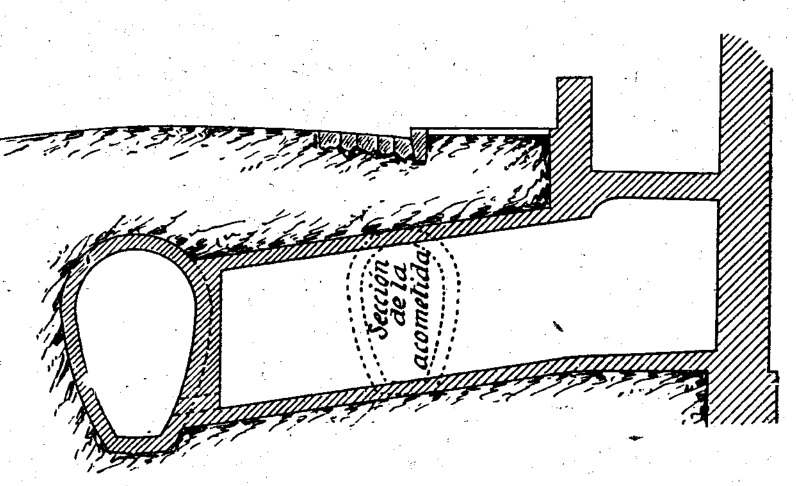


Fig. 230.—Acometida.

de altura de alcantarilla, desde la cara inferior del zampeado hasta el trasdós; 0,90 m de ancho fuera del edificio, en los cimientos, y 1,30 m de ancho en el nacimiento de la bóveda. Las medidas interiores, después de dados los enlucidos, son: 1,80 m de altura, entre el zampeado y la clave de la bóveda, 0,50 m de ancho en el zampeado y 0,90 m de ancho en el nacimiento de la bóveda.

La fábrica de las acometidas tiene 20 cm de espesor y es de piedra molar, trabada con mortero compuesto de dos partes de cemento y cinco de arena de río; sobre el trasdós de la bóveda se debe hacer una chapa de 2 cm de espesor con mortero de cemento; los enlucidos interiores de la bóveda y estribos tienen 1 a 2 cm de espesor y son de mortero compuesto de una parte de cemento y una de arena; el revoque del fondo será de 3 cm de espesor de un mortero compuesto por una parte de cemento portland y tres partes de arena de río.

ARCOS

Todas las construcciones primitivas tienen arquitrabes, que es la pieza que franquea el espacio comprendido entre dos puntos de apoyo, y ha sido por una serie de tanteos cómo los constructores llegaron a la concepción del arco; comenzaron primeramente por sal-

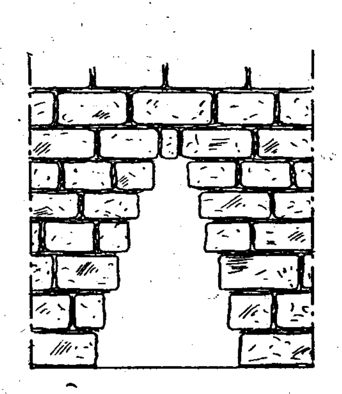



Fig. 231.—Arco primitivo.

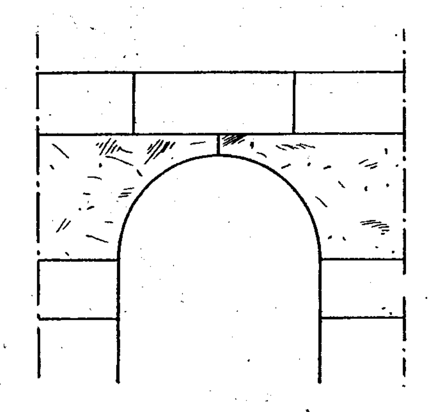


Fig. 232.—Arco de piedras escotadas.

var una distancia colocando las piedras con vuelo (fig. 231), o en arcos pequeños, con dos piedras dispuestas como en la figura 232, para llegar, por último, al arco compuesto de dovelas que refieren las cargas verticalmente a los puntos de apoyo.

El arco es un conjunto de sillarejos, sillares o ladrillos que permite franquear un espacio más o menos grande por medio de una curva. Sin tener en cuenta el material empleado, vamos a examinar sucesivamente las distintas formas de arcos.

Arcos diversos.—El *arco de medio punto* (fig. 233) es el más sencillo de todos porque su forma regular permite construir una serie de dovelas absolutamente semejantes. Cuando las dovelas forman

parte del aparejo del muro se pierde dicha ventaja y cada uno de los elementos necesita un corte especial que ocasiona un desper-

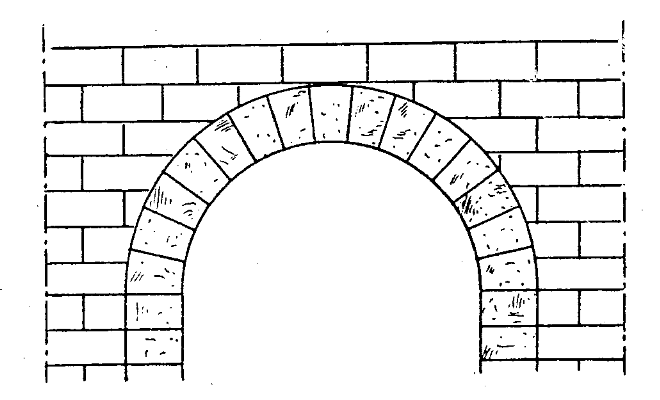
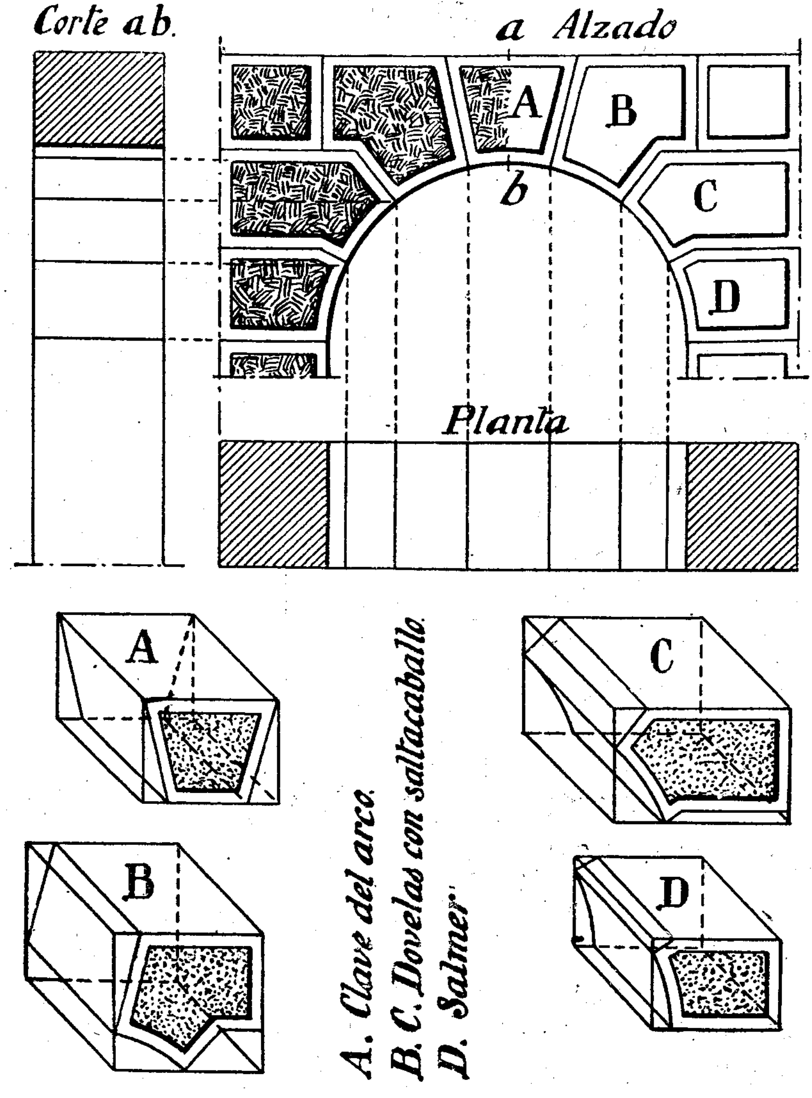


Fig. 233.—Aparejo de un arco de medio punto.

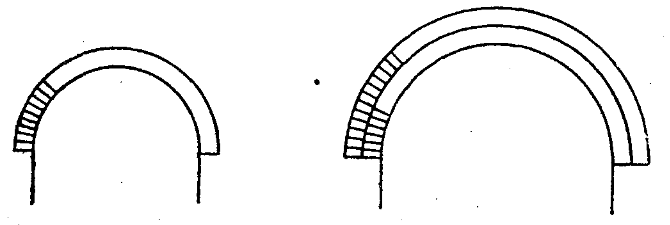
dicio de piedra considerable (figs. 234 a 240). Cuando se construye de ladrillo, tiene el aspecto que damos en las figuras 241 y 242.



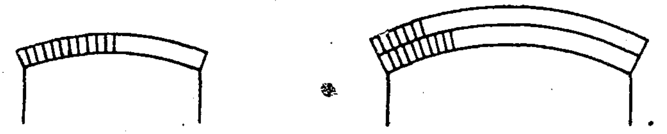
Figs. 234 a 240.—Detalles del aparejo de un arco.

El *arco escarzano* está formado por un arco de círculo (figuras 241 y 242), cuyo centro queda debajo de los arranques.

El *arco ojival o agudo*, que caracteriza sobre todo la arquitectura de los siglos XII al XVI, presenta cierto número de variedades:



Figs. 241 y 242.—Arcos de medio punto, de ladrillo.



Figs. 243 y 244.—Arcos escarzanos.

la *ojiva equilátera* (fig. 245), en la que el vértice y los centros forman un triángulo equilátero; la *ojiva apuntada* (fig. 246), formada

Fig. 245.
Ojiva equilátera.

Fig. 246.
Ojiva apuntada.

Fig. 247.
Ojiva rebajada.

Fig. 248.
Ojiva rebajada de cuatro centros.

Fig. 249.
Arco Tudor.

Fig. 250.
Arco angular.

Fig. 251.
Arco en herradura.

Fig. 252.
Ojiva peraltada.

Fig. 253.
Arco deprimido.

por dos arcos que tienen su centro fuera de los arranques; la *ojiva rebajada* (fig. 247), en la que los radios de los arcos están compren-

didos dentro de los arranques, o también con cuatro centros como en la figura 248; por último el arco ojival empleado en la arquitectura anglosajona, llamado *arco Tudor* (fig. 249).

El *arco angular* que representa la figura 250.

El *arco de herradura,* característico de la arquitectura árabe (figura 251).

El *arco de ojiva peraltada* (fig. 252).

El *arco deprimido* está formado por un dintel que se une a los

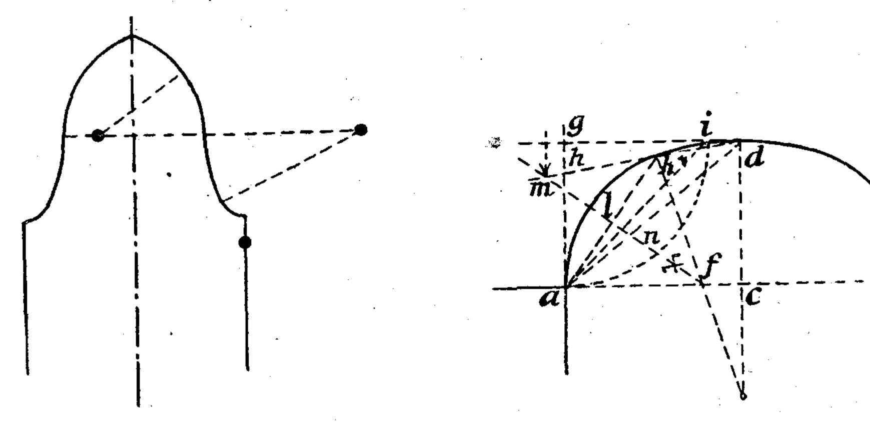


Fig. 254.—Arco en gola. Fig. 255.—Arco carpanel.

estribos por dos cuartos de círculo (fig. 253); esta forma es poco favorable empleando ladrillo.

El *arco peraltado,* es un medio punto cuyas dovelas de arranque se continúan verticalmente por debajo del centro.

El *arco en gola,* de cuatro centros (fig. 254).

El *arco rebajado* o *carpanel* está compuesto de varios arcos de

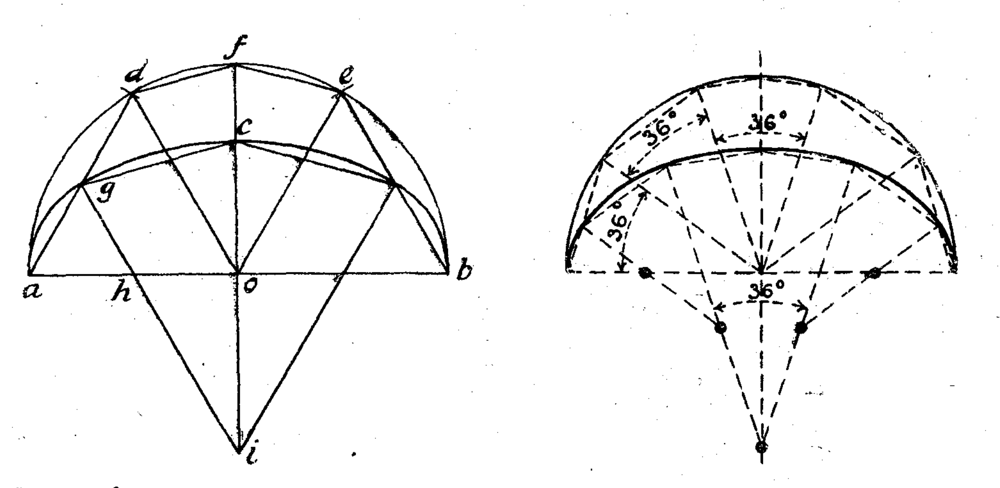
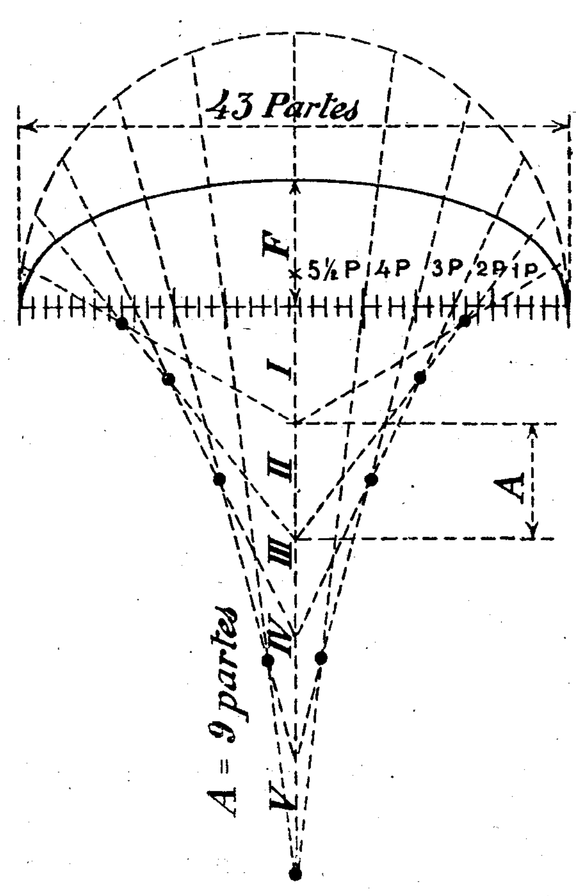


Fig. 256.—Carpanel de tres centros. Fig. 257.—Carpanel de cinco centros.

círculo. Se construye el arco carpanel de 3, 5, 7, 9 y 11 centros. El eje mayor da la luz de la curva y el menor la flecha; la luz y la flecha son datos casi siempre.

Para trazar un carpanel de tres centros (fig. 255) se toma, sobre la perpendicular trazada por el punto medio del eje mayor *ab*, una longitud *cd* igual a la flecha dada, después se completa el rectángulo *acdg* sobre las líneas *ac* y *cd*. Se hace *gi* igual a *ga* y se toma

en *gh* una longitud igual a la diferencia *id*. Se unen los puntos *h*, *d* y *a*, *i*, y se forma en *a* un ángulo *iak* igual al *gdh*. El lado *ak* de este ángulo corta a *hd* en *k*. Por el centro de *ak* se traza una perpendicular *mn* que corta a *ab* en *f*. Uniendo *k* y *f* y prolongando esta recta hasta su intersección con *cd* en *e*, se obtienen *f* y *e*, centros buscados. Para



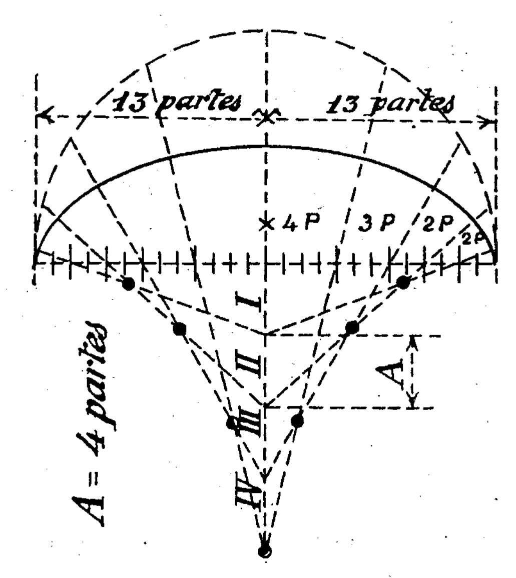
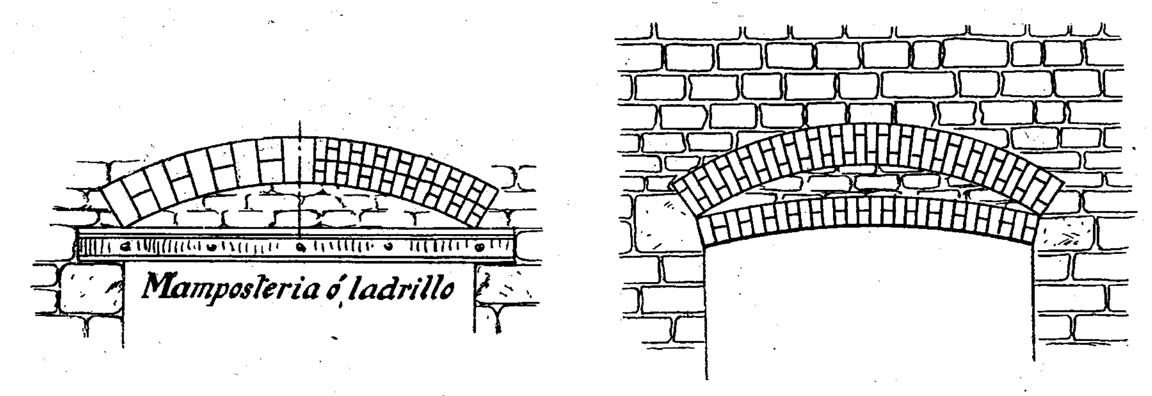


Fig. 258.—Carpanel de nueve centros.

Fig. 259.—Carpanel de once centros.

trazar la curva basta describir el arco *ak*, desde el punto *f* como centro, con *af* como radio, y el arco *kd* desde *e* como centro y *ke* como radio.

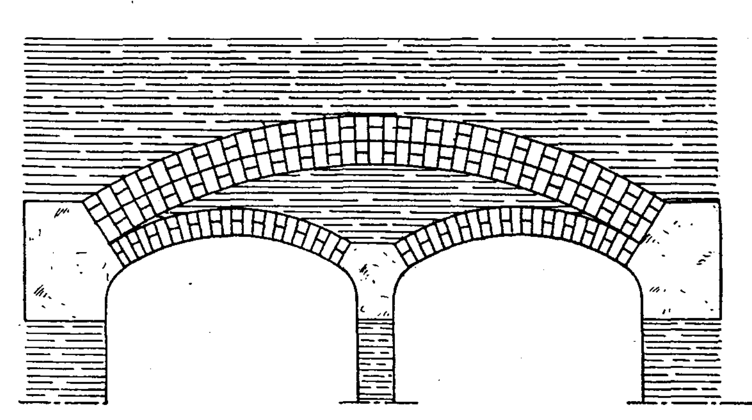
También puede hacerse el trazado de otra manera (fig. 256): dividiendo en tres partes el semicírculo descrito sobre la luz, después



Figs. 260 y 261.—Arcos de descarga.

se forma un polígono *adfeb*, se marca la altura *oc* de la flecha, se trazan por *c* dos paralelas a *df* y *fe*, después desde *g* se traza una paralela a *do* y la intersección con el eje menor dará el radio mayor *ig*; la intersección *h* con el eje mayor dará el radio de acordamiento.

Cuanto menor es la flecha de un arco carpanel, mayor es el número de centros que necesita, para evitar los resaltos y las faltas de continuidad del arco; no es suficiente acordar los diferentes arcos sobre un punto de tangencia rigurosa, también es necesario no pasar bruscamente de un radio grande a uno pequeño, escogiendo radios intermedios que suavicen la curva y la acerquen a una línea continua. Así, por ejemplo, el arco carpanel de tres centros no es admisible más que para flechas superiores al tercio de la luz; los de cinco y siete centros para flechas mayores que un cuarto de la luz.

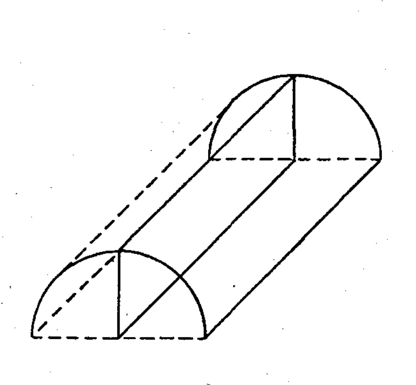

Fig. 262.—Arco de descarga.

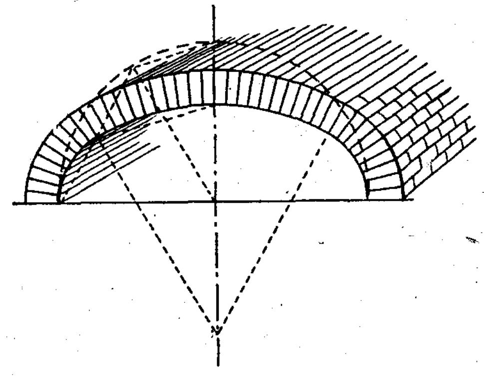
Las figuras 257, 258 y 259 indican la manera de trazar los arcos carpaneles de 5, 9 y 11 centros. En la figura 259 debemos observar que si se quiere aumentar la flecha F se hace $A = 8, 7, 6, 5$ ó 4 partes. Cuanto más disminuye A, más aumenta F.

Los *arcos de descarga* prestan grandes servicios en la construcción. Con ellos se alivian los dinteles (fig. 260), construyendo un arco por encima que refiera la carga a los apoyos. Los arcos de descarga pueden duplicarse como se ve en las figuras 261 y 262.

BÓVEDAS

Las bóvedas pueden presentar en sección todas las formas que hemos examinado para los arcos, menos las formas *deprimida* y


Fig. 263.
Bóveda en cañón, de medio punto.


Fig. 264.
Bóveda en cañón, rebajada.

en gola. Vienen a ser muros más o menos curvados que salvan una distancia cualquiera y se construyen de sillería, sillarejo, ladrillo, hormigón, etc.

Bóvedas diversas.—La *bóveda en cañón, de medio punto* (figura 263), es la más sencilla de todas; está formada por una superficie cilíndrica cuya directriz es un arco de medio punto y con las dovelas dispuestas según las generatrices.

La *bóveda rebajada* (fig. 264) no difiere de la precedente más que por la forma del arco.

Las *bóvedas esféricas, cúpulas* o *medias naranjas,* se apoyan en un apoyo continuo circular o *tambor*. Una particularidad de esta clase de bóvedas es la de poder construirse sin cimbra, procediendo por coronas sucesivas; basta, para los anillos próximos al vértice, sostener las dovelas provisionalmente en su sitio hasta que se haya cerrado la corona (figura 266).

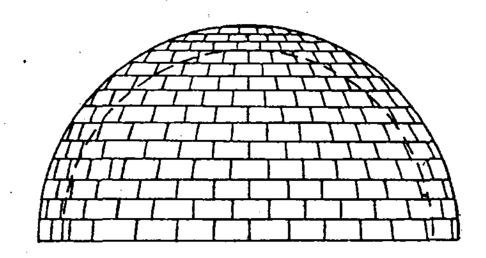


Fig. 265.—Bóveda en cúpula.

La cúpula puede construirse también con materiales pequeños

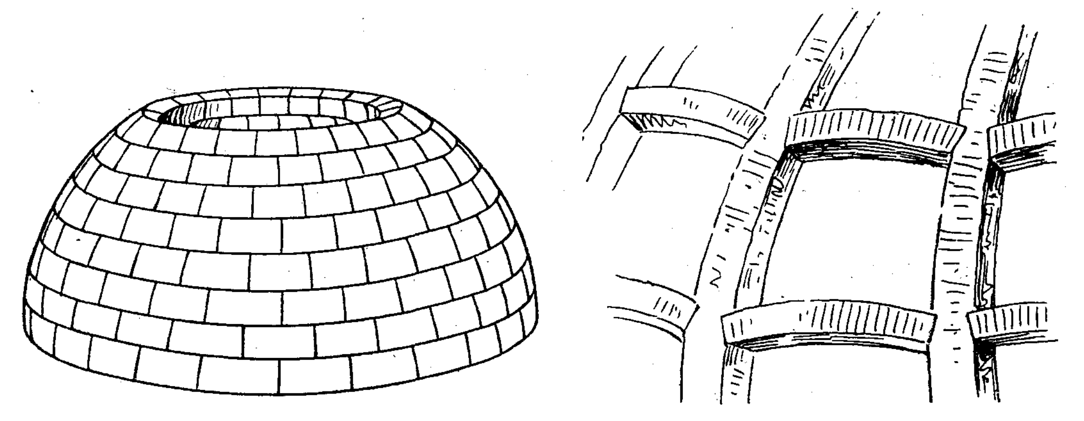
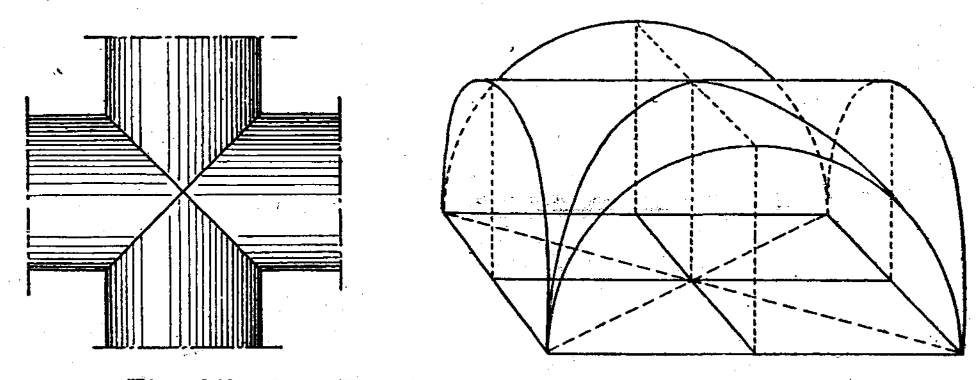


Fig. 266.—Aparejo de la cúpula. Fig. 267.—Cúpula con nervios y relleno.

con cimbras parciales, formando un esqueleto arqueado que sostiene un relleno (fig. 267).

Se llama *bóveda por arista* la intersección de dos bóvedas cilín-



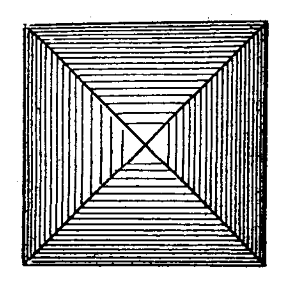
Figs. 268 y 269.—Bóveda por arista (planta y perspectiva).

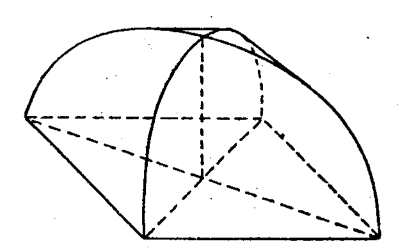
dricas o cañones que se cortan como indican las figuras 268 y 269.

La *bóveda en rincón de claustro* es absolutamente inversa de la precedente (figs. 270 y 271), es decir, que sólo conserva las partes que se suprimen en la otra y que los ángulos o aristas formados por

las intersecciones están en el trasdós en vez de estar en el interior o intradós.

Las bóvedas se utilizan en la actualidad muy raras veces en los sótanos, pues obligan a dar una gran altura para obtener el paso





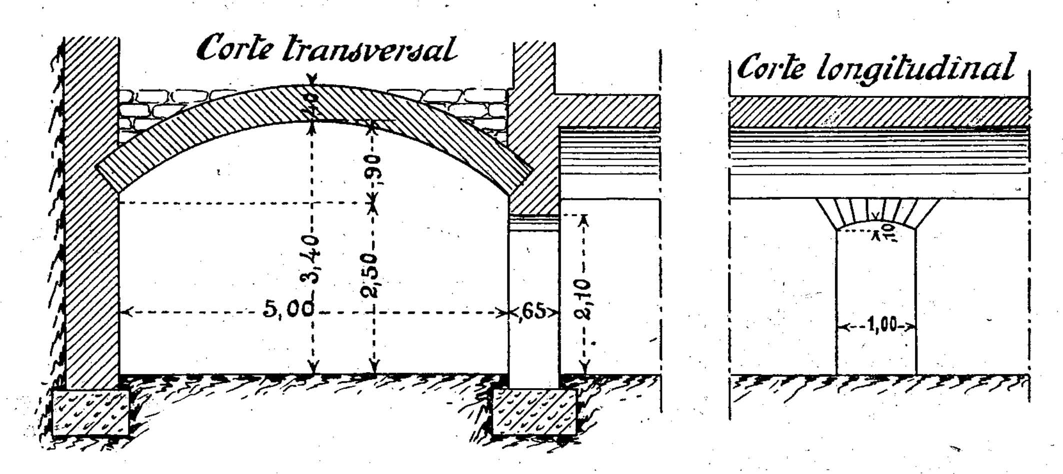
Figs. 270 y 271.—Bóveda en rincón de claustro (planta y perspectiva).

libre de las puertas y tienen un espesor de fábrica muy superior al de los suelos con vigas de hierro.

Las figuras 272 y 273 representan los cortes longitudinal y transversal de una bóveda de 5 m de luz y 0,90 m de flecha. Esta bóveda, en condiciones ordinarias (como sucede en las casas de alquiler), pueden construirse de sillarejo de 40 cm de espesor, que es la menor dimensión que debe tener una bóveda (aun cuando fuera de luz más pequeña) que se construya con este material.

Una de las condiciones de estabilidad de una bóveda es la de cargar los riñones, lo que se hace casi siempre con hormigón o con mampostería ordinaria.

Cuando se hace de ladrillo, la bóveda exige un espesor menor; el largo de un ladrillo es suficiente; en este caso es necesario cuidar



Figs. 272 y 273.—Bóveda de sótano.

particularmente de los salmeres que reciben el empuje; se comprende que es menester presentar al ladrillo un asiento perfecto; el menor defecto puede causar la destrucción de la obra.

Denfer da, en su obra *Maçonnerie*, los dos tipos siguientes, cuyos dibujos y texto copiamos:

«La figura 274 representa el corte transversal de las bóvedas

ejecutadas con piedra molar y cemento en el hospicio de Corbeil. Es un trazado atrevido que es necesario considerar como límite. La bóveda tiene 8 m de luz, 1,10 m de flecha, 26 cm de espesor en la clave y mayor espesor en los arranques; los riñones se rellenan de la misma fábrica hasta la horizontal. Los muros de apoyo tienen 0,80 m de

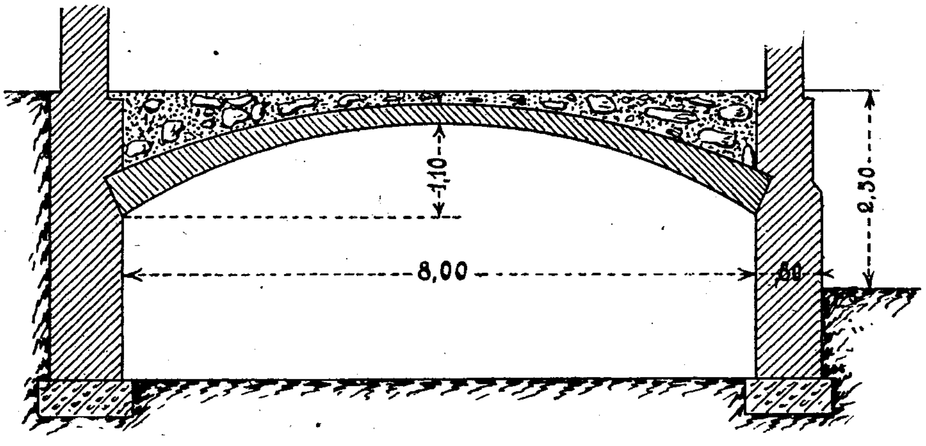


Fig. 274. – Bóveda de sótano.

espesor y están cargados con los muros de paramento en una altura de 10 m, aproximadamente, por encima de la planta baja.

»El corte transversal de la figura 275 da la disposición de los antiguos depósitos de Bercy. La luz es de 8,70 m; la bóveda, muy rebajada, es de sillarejos de 50 cm de espesor y sostiene un relleno de tierra de 0,30 m, al menos, en la clave y que carga los riñones. Los muros que reciben el empuje de esta bóveda no tienen más que 0,75 m de espesor y no están cargados más que por un piso bajo; no

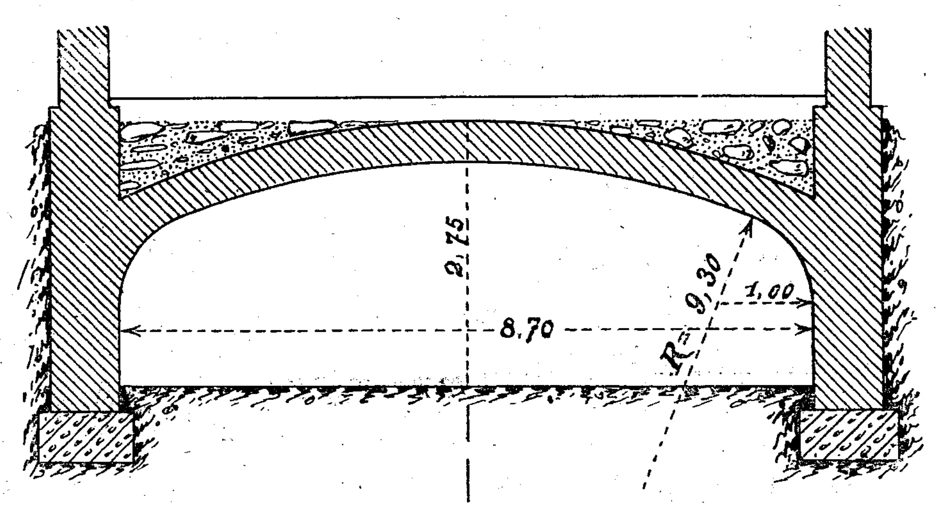
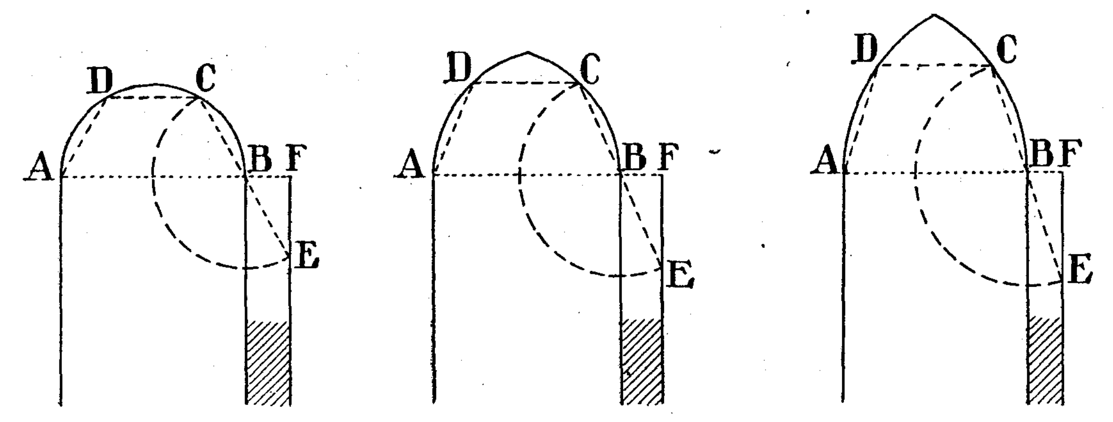


Fig. 275.—Bóveda de sótano.

serían estables por sí solos, pero como están enterrados, el empuje de las tierras contribuye a la estabilidad de la bóveda.»

Estabilidad de las bóvedas.—En la construcción de casas de alquiler no se calculan nunca los espesores que hay que dar a las bóvedas y estribos que las sostienen; se les dan las dimensiones usuales, que siempre son suficientes.

Los arquitectos del siglo XVI empleaban, para obtener el espesor que había que dar a los estribos, la fórmula geométrica siguiente (figuras 276, 277 y 278); sea un arco de luz AB: se divide el semicírculo, o la ojiva equilátera, en tres partes iguales AD, DC y CB; desde el punto B como centro, se describe una porción de circunferencia con BC por radio. Después se hace pasar una línea prolongada



Figs. 276, 277 y 278.—Procedimiento gráfico para obtener el espesor de los estribos.

por los puntos C y B; su punto de encuentro E, con la porción de circunferencia, dará un punto del paramento exterior del estribo, cuyo espesor será igual a BF.

Por este procedimiento se obtienen estribos tanto menos gruesos cuanto más agudo sea el arco, lo que está de acuerdo con la intensidad del empuje de las bóvedas, que es tanto mayor cuanto más rebajado es el arco y más se aproxima a la horizontal.

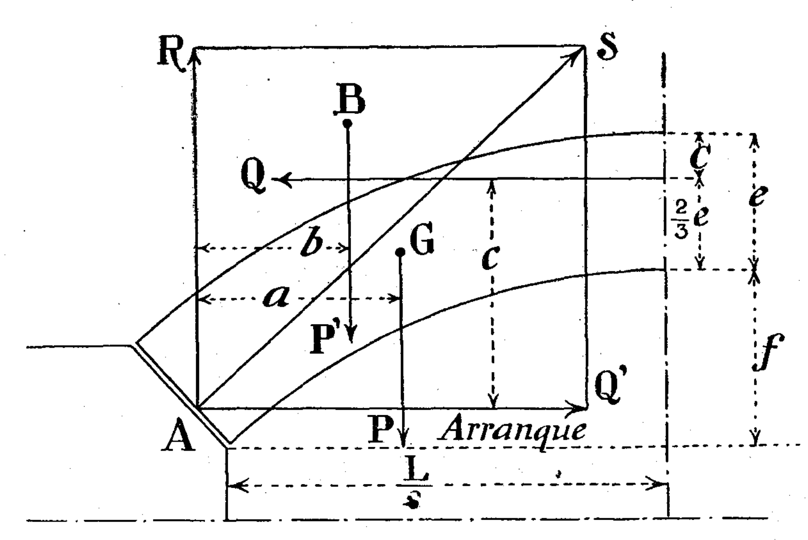


Fig. 279.—Determinación del empuje de una bóveda.

El procedimiento gráfico anterior no es aplicable más que para los estribos que tienen una altura menor que vez y media el diámetro o luz del arco, y suponiendo que estos estribos están aislados y no hay tierra que contrarreste el empuje de la bóveda.

«Entre las distintas formas, dice Denfer, las bóvedas de medio punto son las que dan menos empuje en los estribos, después vienen las bóvedas rebajadas elípticas o de arco carpanel; y por último las bóvedas escarzanas de un solo centro. En estas últimas, cuanto menor es la flecha, a igualdad de luz, tanto mayor es el empuje.»

El valor del empuje es fácil de obtener en cada caso.

Consideremos una semibóveda (fig. 279) de un solo trozo, y representemos por Q la reacción o empuje horizontal de la semibóveda de la derecha sobre la parte considerada, en el tercio superior del espesor de la bóveda.

Sean: P el peso de la semibóveda izquierda, aplicado en su centro de gravedad;

P' la resultante de las sobrecargas de todas clases, que es fácil evaluar en cada obra, y B su punto de aplicación;

S la reacción del estribo, aplicada en un punto A en el tercio inferior de la junta con el salmer; esta reacción puede descomponerse en dos fuerzas: R vertical y Q' horizontal.

La parte de bóveda AC está en equilibrio, bajo la acción de las fuerzas que la solicitan:

$$R, Q', Q, P \text{ y } P'.$$

La suma de las proyecciones de estas fuerzas, sobre un eje horizontal, es nula:

$$Q' - Q = 0 \quad \text{de donde} \quad Q' = Q.$$

La suma de las proyecciones de las fuerzas, sobre un eje vertical, es nula:

$$R - P - P' = 0 \quad \text{o bien} \quad R = P + P'.$$

Por último la suma de los momentos de estas fuerzas respecto al punto A es nula:

$$Pa + P'b - Qc = 0 \quad \text{de donde} \quad Q = \frac{Pa + P'b}{c}.$$

De esta última igualdad se saca el valor de Q, que es igual a Q', reacción horizontal del estribo sobre la bóveda o, lo que es lo mismo, acción horizontal de la bóveda sobre el estribo o *empuje* buscado.

El empuje oblicuo S se obtiene fácilmente, puesto que se conocen en magnitud y dirección sus dos componentes Q' y R.

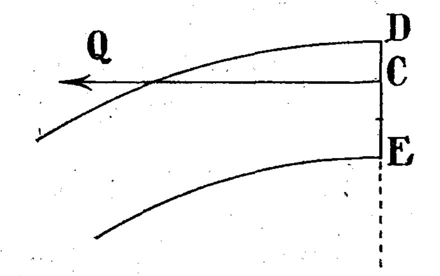


Fig. 280. — Determinación del empuje de una bóveda.

De esto se puede deducir un procedimiento aproximado para determinar el coeficiente de trabajo del material en la clave de la bóveda.

La mecánica demuestra que la sección DE (fig. 280) está cargada en el tercio de su altura en C por la presión Q, que los materiales de esta sección están cargados desigualmente en los diferentes puntos, y que esta carga por unidad de superficie

es nula en el punto E y va aumentando hasta el punto D, en que alcanza su máximo.

También demuestra que esta fatiga máxima en D es doble de la presión media que se ejerce sobre la sección DE de área Ω:

$\frac{Q}{\Omega}$ = presión media por unidad de superficie,

$\frac{2Q}{\Omega}$ = presión máxima que soporta el material de la sección DE o coeficiente máximo de trabajo.

Si la bóveda está ya proyectada se elegirá un material adecuado a esta carga. Si se tienen los materiales, se determinará el espesor de la bóveda en la clave, de modo que la presión en D, doble de la presión media, puedan resistirla los materiales con toda seguridad.

Por el mismo razonamiento se determinarán los materiales necesarios en el arranque, o bien las dimensiones en dicho punto para los materiales dados.

Se puede calcular la resistencia de una bóveda por medio de la fórmula siguiente.

Designando por:

P la carga total de la bóveda, en Kg,
l la luz en metros,
h la flecha en metros,
t la profundidad de la bóveda (medida normalmente al paramento),
k la carga admisible del material de la bóveda, en Kg por m^2,
S el espesor de la bóveda en la clave, en metros,
S' el espesor de la bóveda en los arranques, en metros,

se tiene:

$$S = \frac{Pl}{4\,hkt} \text{ y } S' = S\,\frac{l^2 + 4\,h^2}{l^2 - 4\,h}.$$

Se hallará k tomando de las tablas del capítulo *Resistencia de materiales,* la carga correspondiente a la piedra empleada.

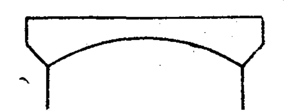
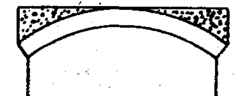
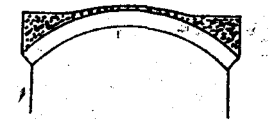


Fig. 281.—Bóveda de trasdós horizontal.







Figs. 282 y 283. Bóvedas de riñones cargados.

Veamos ahora algunas fórmulas empíricas de Rondelet, que dan los espesores de las bóvedas y de los estribos:

l representa la luz de la bóveda,
S el espesor de la bóveda en la clave.

Bóvedas circulares: de trasdós horizontal (fig. 281):

$$S = \frac{1}{48}\,l;$$

de riñones cargados hasta la mitad de la flecha y de trasdós paralelo al intradós (fig. 282):

$$S = \frac{1}{36} l;$$

de riñones cargados hasta la mitad de la flecha y, a partir de aquí, de espesor decreciente hasta la clave (fig. 283):

$$S = \frac{1}{48} l \text{ en la clave,} \quad S' = \frac{1}{32} l \text{ en los estribos.}$$

Para las *bóvedas de sillería,* de intradós circular o elíptico y suponiéndoles un espesor doble en los estribos que en la clave, se tiene:

para las grandes bóvedas de puentes:

$$S = 0{,}04\, l + 0{,}32 \text{ m};$$

para bóvedas medianas:

$$S = 0{,}02\, l + 0{,}16 \text{ m};$$

para bóvedas no cargadas:

$$S = 0{,}01\, l + 0{,}08 \text{ m}.$$

Según Perronet, para las *bóvedas de puentes* $S = 0{,}035\, l + 0{,}32$ m, siendo $l < 24$ metros; para luces mayores, $S = \frac{1}{24} l$.

Esto supone que el espesor de la bóveda aumenta a partir de la clave y alcanza en los arranques doble valor que en la clave.

Para los *estribos* cuando no llegan más arriba del vértice exterior de la bóveda, el espesor es:

para intradós circular, $\frac{1}{5}$ de la luz;

para intradós en arco carpanel o rebajado hasta $\frac{1}{4}$, espesor $=$ $= \frac{1}{4}$ de la luz;

para intradós en arco de rebajamientos mayores que $\frac{1}{4}$, espesor $= \frac{2}{7}$ de la luz.

Los cimientos de los estribos son de varios escalones con 0,30 m de saliente, por término medio, y dos veces el saliente para altura; el ensanche total de la cimentación $= \frac{1}{4}$ a $\frac{1}{3}$ del espesor del estribo.

El espesor de los estribos para bóvedas de trasdós horizontal es:

$$e = \frac{l}{8}\left(\frac{3l - h}{l + h}\right) + \frac{1}{6} H + 0{,}314 \text{ m};$$

en dicha fórmula las letras tienen la misma significación de antes y,

además, H representa la altura del estribo; si se supone que $h = n\ l$, es decir, representando por n el grado de rebajamiento de la bóveda, resultará:

$$e = \frac{l}{8}\left(\frac{3-n}{n+1}\right) + \frac{1}{6}H + 0{,}314 \text{ m.}$$

Para bóvedas de medio punto, $h = \frac{1}{2}l$, es decir, $n = \frac{1}{2}$, y por consiguiente:

$$e = \frac{5}{24}l + \frac{1}{6}H + 0{,}314 \text{ m.}$$

TABLA QUE DA EL ESPESOR EN LA CLAVE DE LAS BÓVEDAS CIRCULARES Y ELÍPTICAS (ESPESOR EN LOS ARRANQUES, DOBLE QUE EN LA CLAVE)

LUZ en metros	ESPESOR EN LA CLAVE con carga grande m	con carga mediana m	sin carga m	LUZ en metros	ESPESOR EN LA CLAVE con carga grande m	con carga mediana m	sin carga m
2	0,40	0,20	0,10	22	1,20	0,60	0,30
4	0,48	0,24	0,12	24	1,28	0,64	0,32
6	0,56	0,28	0,14	26	1,36	0,68	0,34
8	0,64	0,32	0,16	28	1,44	0,72	0,36
10	0,72	0,36	0,18	30	1,52	0,76	0,38
12	0,80	0,40	0,20	32	1,60	0,80	0,40
14	0,88	0.44	0,22	34	1,68	0,84	0,42
16	0,96	0,48	0,24	36	1,76	0,88	0,44
18	1,04	0,52	0,26	38	1,84	0,92	0,46
20	1,12	0,56	0,28	40	1,92	0,96	0,48

VANOS EN LOS MUROS DE LOS SÓTANOS

Las puertas de los sótanos tienen un ancho más o menos considerable, según el destino y las exigencias particulares, pero no deben tener menos de 0,90 m de ancho, y es mejor considerar la dimensión de 1 m como mínima. La altura es también muy variable, el mínimo es 1,90 m.

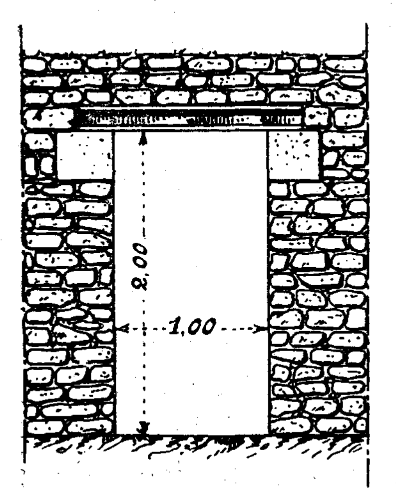


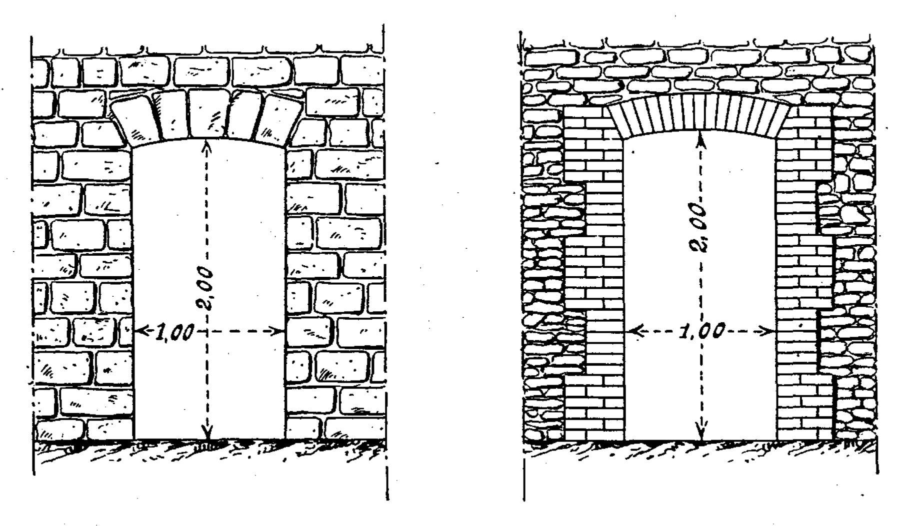
Fig. 284. – Vano de sótano.

En los sótanos abovedados no es tan sencillo abrir vanos, y cuando hay que practicarlos en los muros de apoyo hay casi siempre necesidad de hacer una penetración en cañón para la puerta porque los arranques están demasiado cerca del suelo.

Los lados de las puertas se llaman *jambas;* la parte superior puede estar formada sencillamente por un dintel metálico, como se ve en la figura 284, o bien por un arco.

Cuando la puerta es arqueada, se da, casi siempre, al arco la forma escarzana o sea la de un arco menor que media circunferencia. Como en estas puertas se está siempre apurado de altura, se da al arco la menor flecha posible, que puede ser de un décimo de la luz; así, para el ancho de un metro, la flecha será igual a 0,10 m; para 1,50 m será de 0,15 m, etc.

Las jambas y el arco se hacen, casi siempre, con los mismos materiales que los muros del sótano; la figura 285, que representa



Figs. 285 y 286.—Puertas o vanos de sótanos.

una construcción de sillarejo, es un ejemplo de lo que decimos (no hay que olvidar que, en las jambas situadas a la extremidad del muro, hay que disponer cada dos hiladas un sillarejo a tizón, de modo que coja todo el espesor del muro).

Algunas veces los constructores, considerando, con razón, que una abertura en un muro es un punto débil, forman un encuadrado construyendo las jambas y el arco de un material más resistente: de piedra dura, por ejemplo.

Las jambas de ladrillo (fig. 286) se emplean muchas veces, pues dan robustez y regularidad al muro; como se ve en nuestro croquis, se forman adarajas en el muro para obtener una trabazón perfecta del conjunto.

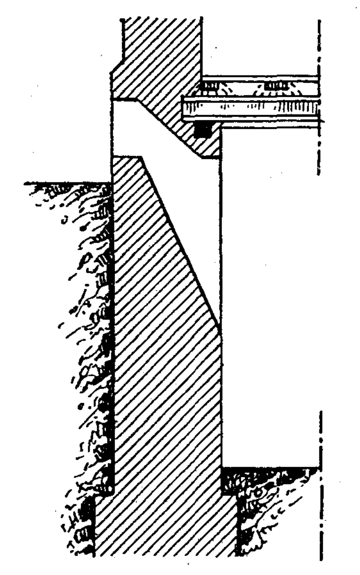


Fig. 287.—Tragaluz.

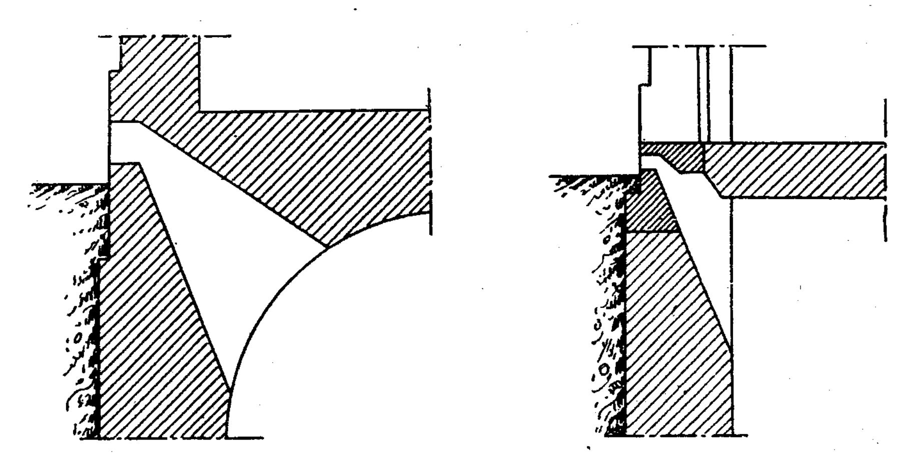
Los *tragaluces* son pequeños vanos que se practican en los zócalos o basamentos para ventilar y dar luz a las cuevas y sótanos.

Como la temperatura de las cuevas debe permanecer lo más constante posible, los tragaluces que sólo se destinan a la ventilación deben ser de dimensiones muy restringidas, pero en relación con el número de vanos; dentro de lo posible, conviene mejor multiplicar el número de tragaluces haciéndolos pequeños, pues así la buena repartición de la ventilación asegura y fija la temperatura, lo que no se obtendría si por ejemplo

se ventilara una cueva por un solo sitio mediante una abertura muy grande.

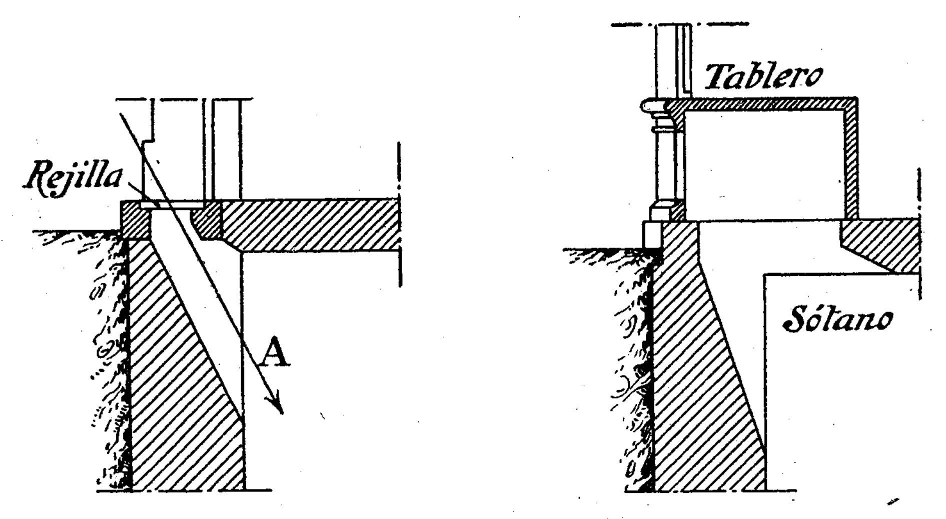
Un tamaño conveniente para las aberturas exteriores es el de unos 0,20 m de altura por 0,40 m de ancho.

En las construcciones que se hacen en la actualidad, las cuevas raras veces son abovedadas; se emplean los suelos con vigas de hie-



Figs. 288 y 289.—Tragaluces.

rro y en este caso se coloca sobre el dintel del tragaluz, una barra de hierro cuadrado de 30 ó 40 mm de lado, en el sentido de la luz salvada, y encima se construye de sillarejo, o de ladrillo, o sólo sencillamente apoyando en el hierro las viguetas como se ve en la figura 287. Cuando se trata de una cueva abovedada, el tragaluz por su parte superior penetra en la bóveda formando un luneto (fig. 288).



Figs. 290 y 291.—Tragaluces de sótanos.

El tragaluz está, naturalmente, muy cerca del suelo y tiene siempre fácil colocación en el basamento. No sucede lo mismo cuando se trata de un umbral, cuya altura raras veces alcanza 20 cm, y entonces hay necesidad de restringir considerablemente las dimensiones y no darle más de 8 a 10 cm de altura.

No se puede recurrir a la solución de aumentar, en proporción, el ancho porque, como la piedra no tiene el espesor suficiente, sería

demasiado débil y no resistiría a los más pequeños choques (fig. 289).

La figura 290 representa una disposición en la que la abertura se ha practicado horizontalmente. La ventaja en este caso es la de poder dar a la abertura una dimensión mayor, puesto que la reja metálica que la cierra puede hacerse de gran solidez, y además permitir, a menudo, la introducción directa de la luz como indica la flecha *A*. Pero, por otra parte, no puede apenas colocarse esta clase de tragaluces más que en un vestíbulo, una entrada o un paso cualquiera no cubierto por un muro o un escaparate.

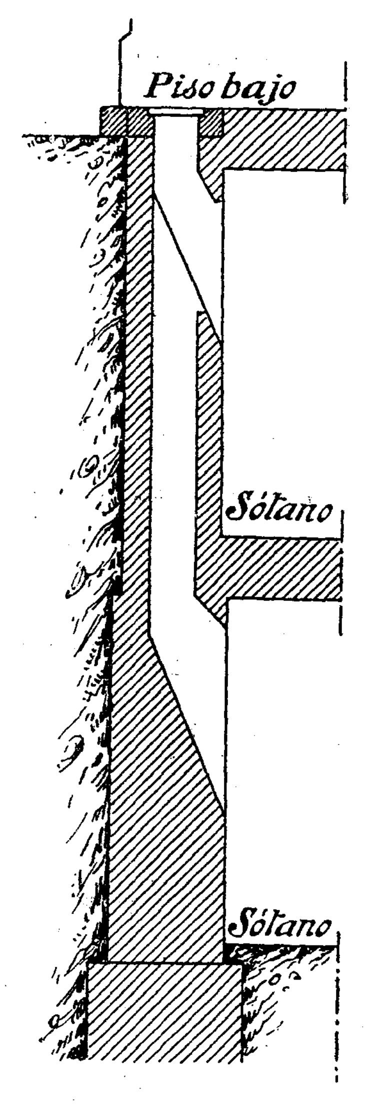
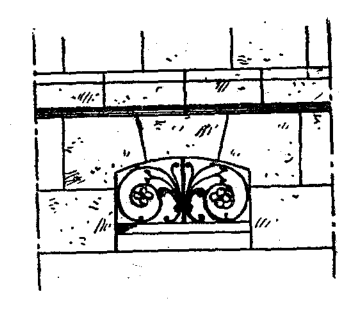


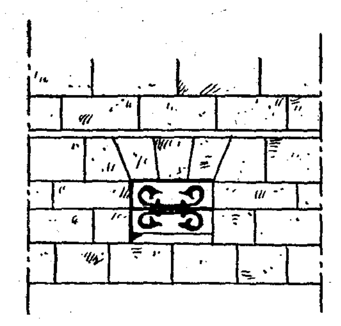
Fig. 292.—Tragaluces para cuevas dobles.

En las grandes ciudades, el valor considerable del terreno ha hecho que los constructores busquen los medios de utilizar los sótanos, lo que han conseguido tomando la luz en los basamentos de los escaparates, debajo de los tableros (fig. 291); el vano se cierra con un enrejado o con una vidriera. Cuando no se puede aprovechar la parte inferior del tablero, se puede dar luz mediante un enlosado de vidrio, y entonces sólo falta asegurar la ventilación.

Cuando hay dos pisos de sótanos, la ventilación se obtiene por medio de aberturas verticales u horizontales y se abocinan como se ve en la figura 292.

Exteriormente los tragaluces pueden afectar todas las formas compatibles con su destino. Como que siempre están colocados en la parte de basamento caracterizada por su solidez y simplicidad, generalmente son sencillos como en las figuras 293 y 294, pero en





Figs. 293 y 294.—Vistas exteriores de tragaluces.

todos los casos siguen siempre el orden arquitectónico del conjunto. El cierre de los mismos se hace con barrotes, un panel de fundición o de hierro forjado según el mayor o menor lujo del conjunto.

REHUNDIDOS, ALMOHADILLADOS

Rehundidos.—Son canales horizontales o verticales de sección triangular o rectangular, que se labran entre los sillares (algunas veces aun sin ocupar las juntas) para adornar el paramento de la piedra (fig. 295).

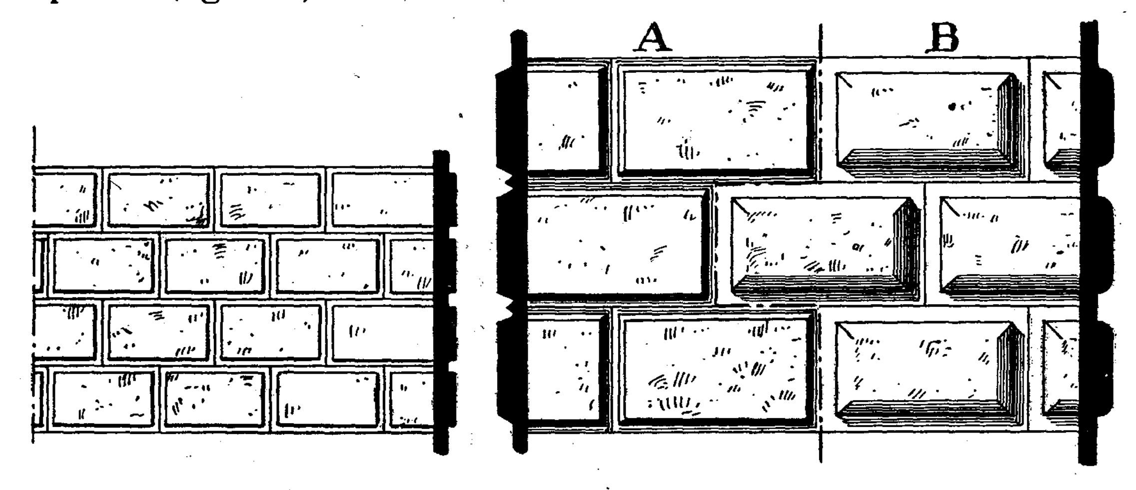


Fig. 295. Rehundidos.

Fig. 296.—Almohadillado de cuadros.

Fig. 297.—Almohadillado rústico.

Almohadillados.—Se diferencian de los rehundidos, porque tienen más relieve y sobre todo por las formas más esmeradas. Se distinguen entre otros:

Almohadillados de cuadros.—Representados por la letra *A* en la figura 296.

Almohadillados redondeados o rústicos.—Tienen aristas redon-

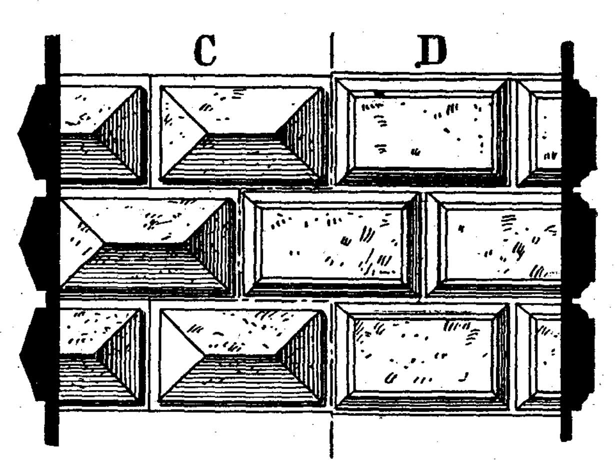


Fig. 298. Almohadillado en punta de diamante.

Fig. 299. Almohadillado moldurado.

deadas, y su superficie, en bruto, se contornea a veces con una labra a cincel (*B*, en la figura 297).

Almohadillados en punta de diamante, cuyo paramento tiene cuatro planos inclinados que se reúnen en un punto o forman una arista, como se ve en *C*, figura 298.

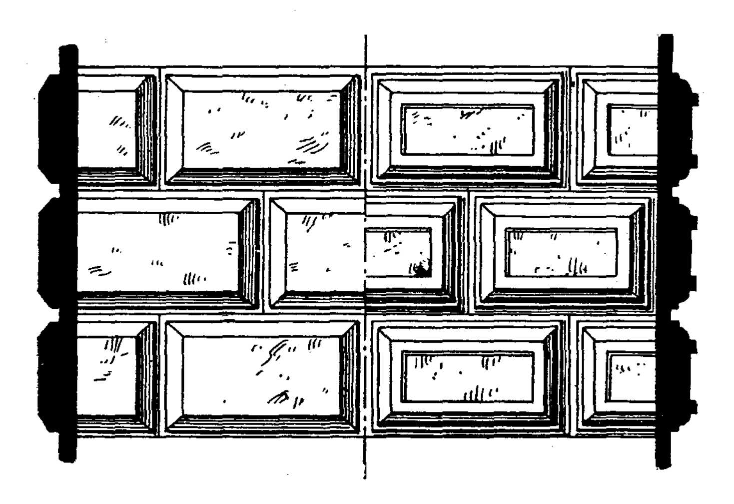


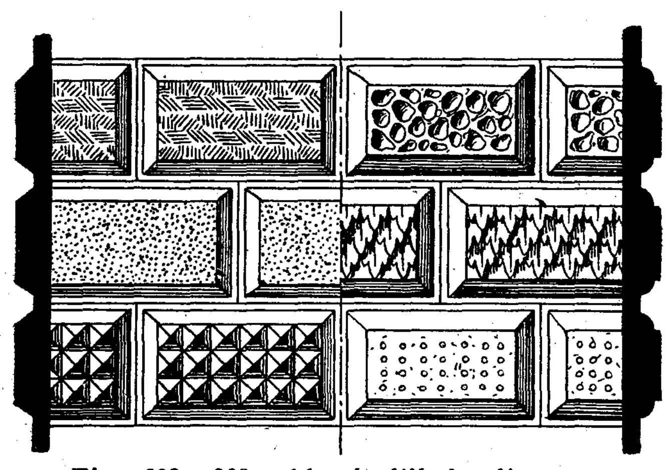
Fig. 300.—Almohadillado en chaflán. Fig. 301.—Almohadillado con perfiles.

Almohadillados moldurados (*D*, fig. 299), cuyos salientes están terminados por una moldura comprendida entre dos filetes.

Almohadillados en chaflán (fig. 300), en los cuales la arista está chaflanada y no se tocan los almohadillados contiguos, pues están separados por un pequeño rehundido.

Almohadillados con revoco (fig. 301), con cuadros en bajo relieve y molduras.

Se comprende, por los ejemplos que preceden, que esta clase de decoración se presta a un gran número de combinaciones. Se puede



Figs. 302 y 303.—Almohadillados diversos.

variar la forma y dimensión de los almohadillados, alternar grandes y pequeños; hacer superficies continuas con grandes resaltos, etc.; emplear para la decoración de la superficie un dibujo cualquiera propio para hacer destacar los relieves y rehundidos en armonía con el conjunto del edificio y su orden arquitectónico.

En las figuras 302, 303, 304 y 305 sólo hemos querido indicar algunos de los motivos que pueden servir para adornar los almohadillados. Perfiles esmerados con superficies en bruto; superficies y perfiles moteados; perfiles y pequeñas puntas de diamante; conchas incrustadas; las gotas más o menos regulares, que tanto adornan las fuentes; los agujeros dispuestos al tresbolillo; los vermiculados (fig. 304); los reticulados, según la forma continua o convexa que se dé a cada elemento (fig. 305).

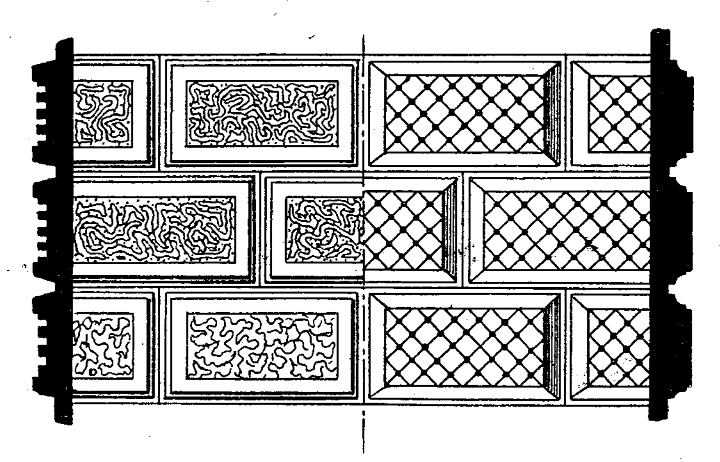
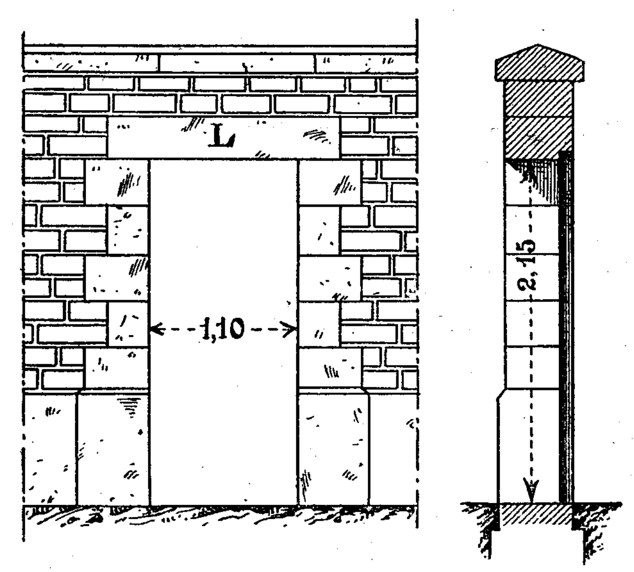


Fig. 304.—Almohadillados vermiculados. Fig. 305.—Almohadillados reticulados.

POSTIGOS

Son puertas pequeñas que se practican ordinariamente en los muros que contornean las propiedades, bien para dar servicio a un punto determinado o para evitar abrir con frecuencia las puertas grandes. En este último caso, la puerta pequeña o postigo está colocada cerca de la puerta cochera.



Figs. 306 y 307.—Postigo.

Estas puertas, de las que damos un ejemplo en las figuras 306 y 307, se construyen, según los recursos de que se disponga, de sillería, sillarejo, ladrillo, etc.; el dintel *L*, que representamos de piedra, puede ser también de madera o de hierro y estar compuesto de dos hierros en doble T acoplados por medio de pernos o de ganchos y bridas. Pueden carecer de dintel, en cuyo caso la puerta no es más que una solución de continuidad del muro.

Las dimensiones que generalmente se usan, varían entre 0,80 y 1,20 m para el ancho y de 2,10 a 2,50 m para la altura. El alféizar destinado a recibir la puerta, se encuentra, a veces, enteramente en el interior (fig. 307), pero en otros casos está hacia el medio del espesor del muro; el alféizar varía según la puerta sea de hierro o de madera, pero se puede tomar alrededor de 3 a 6 cm.

Cuando el alféizar está a la mitad del muro, se disponen los derrames de manera que permitan que la puerta se abra más de 90°, es decir, que sobrepase la posición a escuadra; el derrame afecta la forma que veremos más adelante (fig. 309).

Para evitar los hoyos que se podrían hacer en la tierra debajo de la puerta, se coloca un umbral de piedra lo más dura posible, de una sola pieza y de un peso tal que asegure la inmovilidad.

PUERTAS

Puertas cocheras.—Las puertas destinadas al paso de los vehículos son de dimensiones mucho mayores que las precedentes. Si están cubiertas deben tener por lo menos 2,80 m de altura libre. El ancho varía con el destino de las mismas; se comprende que una abertura que debe dar paso a un vehículo ligero, a un cupé por ejemplo,

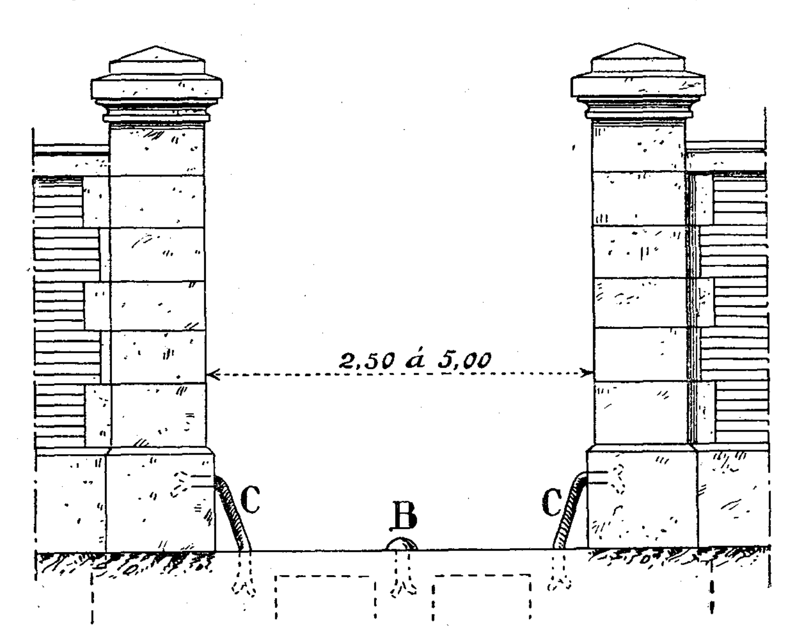


Fig. 308.—Puerta cochera.

puede tener una dimensión menor que la puerta de una fábrica, que debe permitir el acceso a pesados camiones cargados. En este último caso, no nos cansaremos de recomendar a los constructores que den el mayor ancho posible a la abertura para facilitar la entrada de los vehículos y evitar las degradaciones que se producen siempre, cuando las puertas son demasiado estrechas.

La figura 308 representa el conjunto de una puerta cochera en la

que hemos supuesto los *guardarruedas CC* empotrados en las pilastras. Esta disposición no es recomendable, pues es mucho más recomendable aislar completamente los guardarruedas de modo que sólo reciban los choques que iban destinados a la pilastra; es necesario,

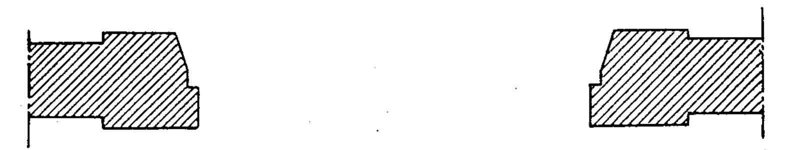


Fig. 309.—Corte horizontal de un vano de puerta cochera con alféizar.

pues, que estén empotrados en una fábrica independiente, lo mismo que el tope central *B* que recibe el choque de los dos batientes.

Las puertas cocheras tienen siempre alféizar, cuando las hojas son llenas, de madera o de hierro (fig. 309), pero pueden tener otra

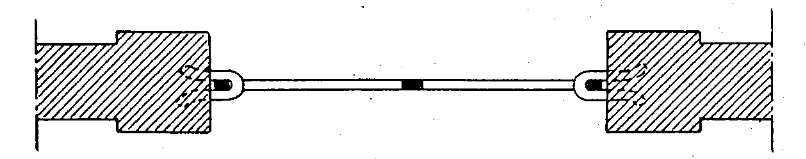
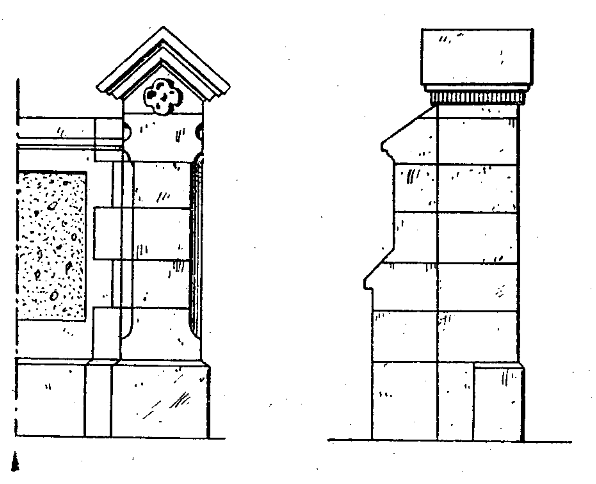


Fig. 310.—Corte horizontal de puerta cochera sin alféizares.

disposición si las hojas son de verja. Se comprende que entonces es inútil el debilitar la pilastra, puesto que no es necesario impedir que la vista pase entre la pilastra y el montante pivote, pues el resto es completamente calado. La sección, en planta, es entonces la que indicamos en la figura 310, es decir, una puerta cochera compuesta de dos pilastras cuadradas, en las cuales no hay ningún punto débil.

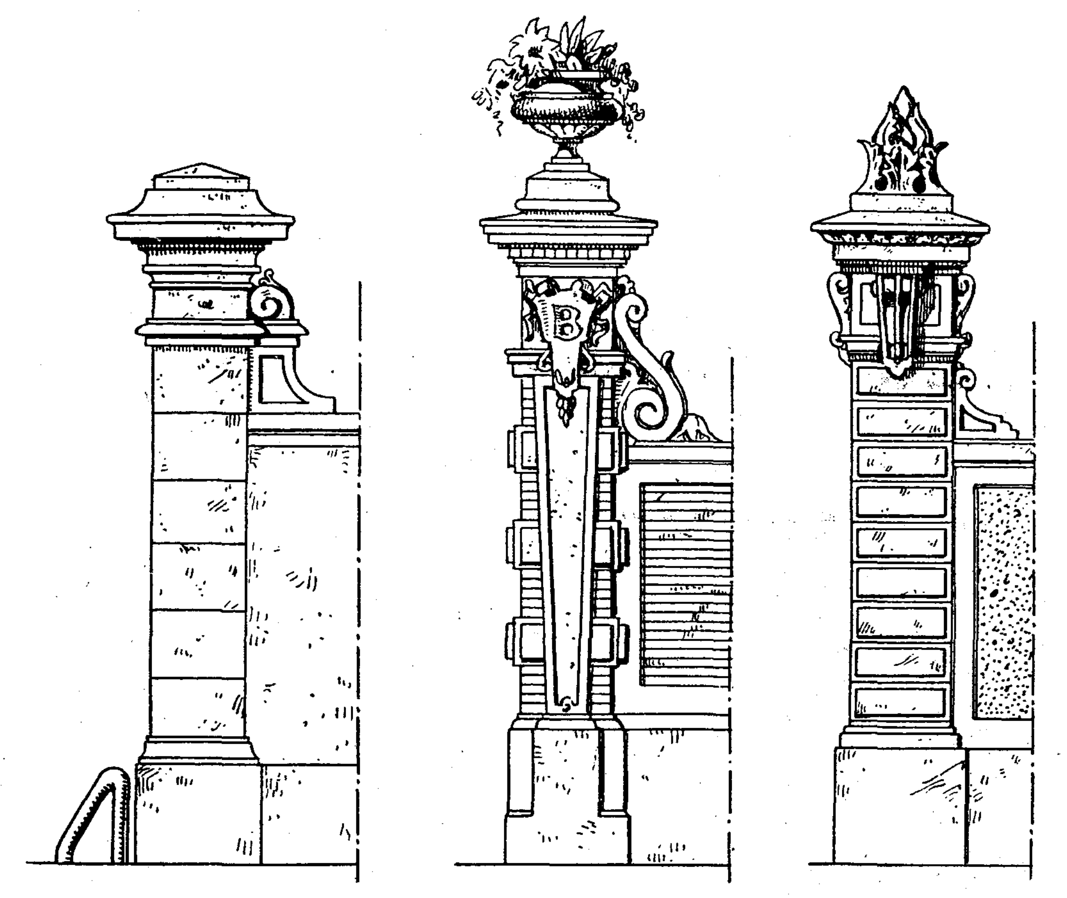


Figs. 311 y 312.—Pilastra para puerta cochera (vista de frente y de lado).

La parte móvil que debe cerrar el vano es casi siempre muy pesada, por lo que es necesario dar a las extremidades de los muros dimensiones mucho mayores. Estas partes reforzadas toman el nombre de *pilastras* y siempre deben estar ligadas íntimamente al resto del muro con adarajas y, sobre todo en la parte superior, por cadenas de hierro bastante largas, para que interesen una parte importante del muro. Pero las adarajas o el encadenado, suficientes cuando la puerta está cerrada, no producen efecto alguno cuando al abrirse ésta toma una posición perpendicular al muro, y por este motivo los constructores han dado a las pilastras una forma rectangular o, lo que es mejor, las dotan de un verdadero contrafuerte, como se ve en las figuras 311 y 312.

Las pilastras se componen: de un zócalo o parte inferior, de un cuerpo o *fuste* que sobrepasa la altura del muro de cerca, y por último, de un remate, coronación o capitel que la termina.

Los motivos de decoración y aun las formas pueden variar inde-



Figs. 313, 314 y 315.—Pilastras ornamentales para puertas cocheras.

finidamente; indicamos (figs. 313, 314 y 315) algunos ejemplos más o menos ornamentales, que pueden servir lo mismo para puertas de madera que para las de hierro.

Las dimensiones corrientes de las pilastras son las siguientes:

0,50 × 0,50 m para vanos de 2,25 a 2,50 m y 2,60 m de altura
0,60 × 0,60 » » » » 2,75 » 3,10 » » 2,80 » » »
0,75 × 0,75 » » » » 3,25 » 3,75 » » 3,00 » » »
0,85 × 0,85 » » » » 4,00 » 5,00 » » 3,20 » » »

Se puede aumentar considerablemente la resistencia de las pilastras de sillería pasando por el eje una gruesa barra redonda, empotrada en el macizo de cimentación y que enfila todas las hiladas; la última de éstas se corona con una arandela grande que se aprieta contra las otras por medio de una tuerca. El inconveniente de este procedimiento constructivo es que hay que levantar todos los sillares a la altura suficiente para enfilarlos en la barra, al sentarlos.

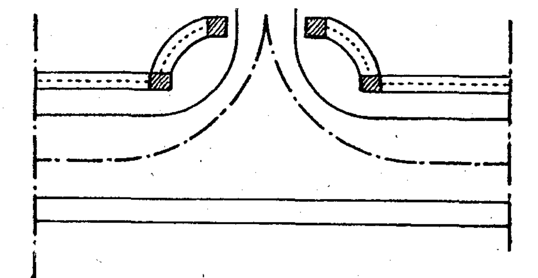
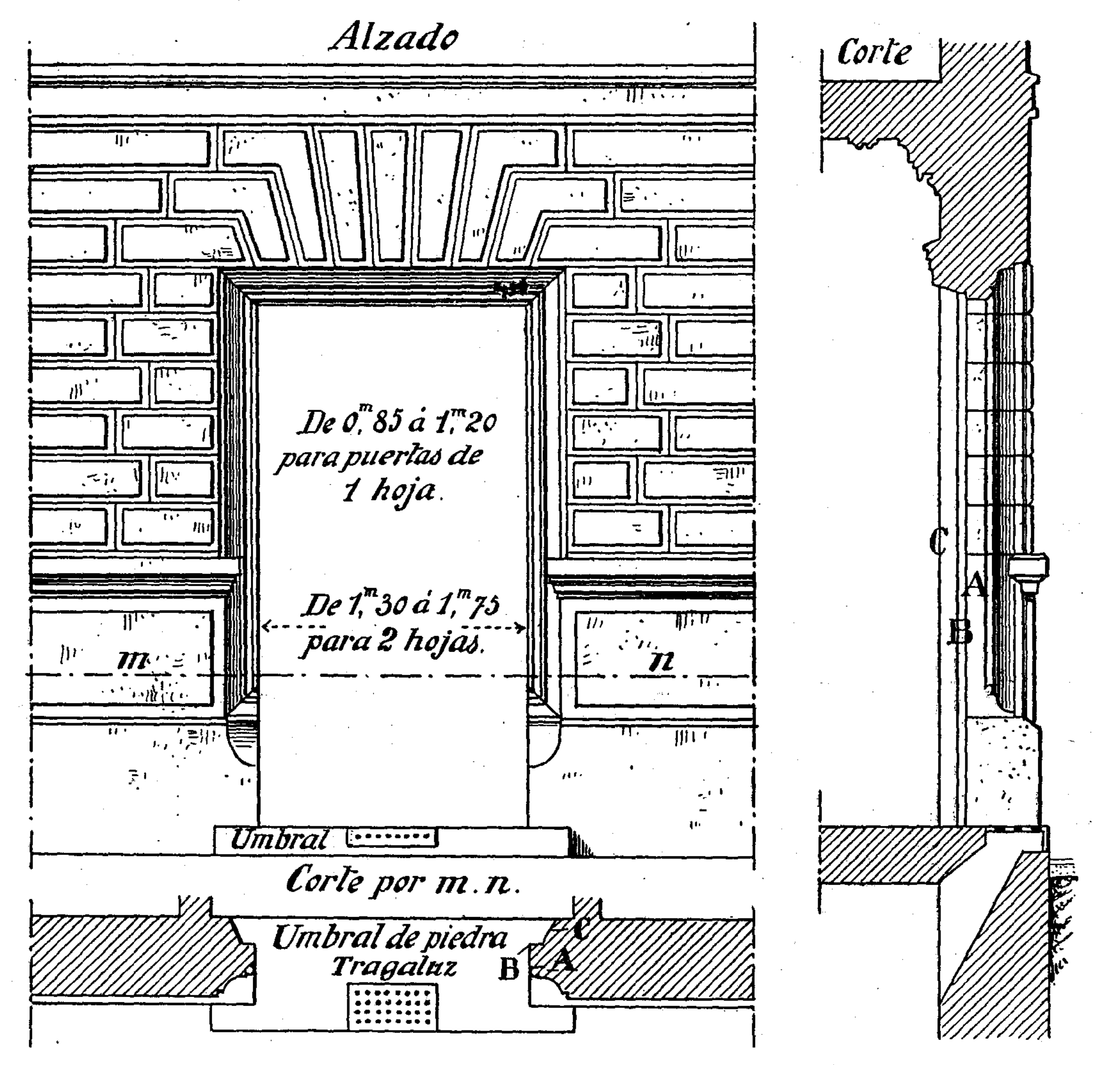


Fig. 316.—Entrada para vehículos.

Nos falta decir algunas palabras de un medio que se emplea para facilitar la entrada de una puerta cochera colocada en una calle estrecha, en la que los vehículos podrían dar la vuelta con dificultad, por lo que siempre degradarían las pilastras. El medio que representamos en la figura 316 no es conveniente más que cuando el vano da acceso a un patio puesto que, para dejar el espacio necesario, hay que robar terreno a la propiedad.

Puertas de entrada.—Consideraremos aquí las puertas practicadas en los muros de fachada para dar acceso al interior de una



Figs. 317, 318 y 319.—Puerta de entrada.

construcción, lo mismo a peatones sólo que a vehículos y peatones.

Las primeras se hacen de una o de dos hojas; en el primer caso deben tener, por lo menos, un ancho libre de 0,85 m para permitir el paso de los muebles. Esta dimensión es un mínimo que no puede aplicarse más que en viviendas para obreros; debe aumentarse a 1 m, siempre que no haya razones que se opongan. Cuando son de dos hojas las puertas de entrada, se les da un ancho de 1,30 m como mínimo, porque casi siempre se utiliza únicamente una hoja para el paso de las personas, y éste no es cómodo sino teniendo un ancho

libre de 0,65 m. No hay dimensión máxima; no obstante, es raro hacer puertas de esta clase de más de 2 m de ancho, porque entonces la altura, para que la puerta no pareciese achatada, debería ser por lo menos igual a dos veces este ancho y resultaría muy grande.

En las figuras 317, 318 y 319 se representan el alzado y cortes vertical y horizontal de una puerta de dos hojas, practicada en un muro de fachada de 50 cm de espesor. Una puerta de entrada se compone de dos jambas (lados), un dintel (parte superior) y un umbral, que impide que las aguas penetren en el interior. El *telar A* tiene

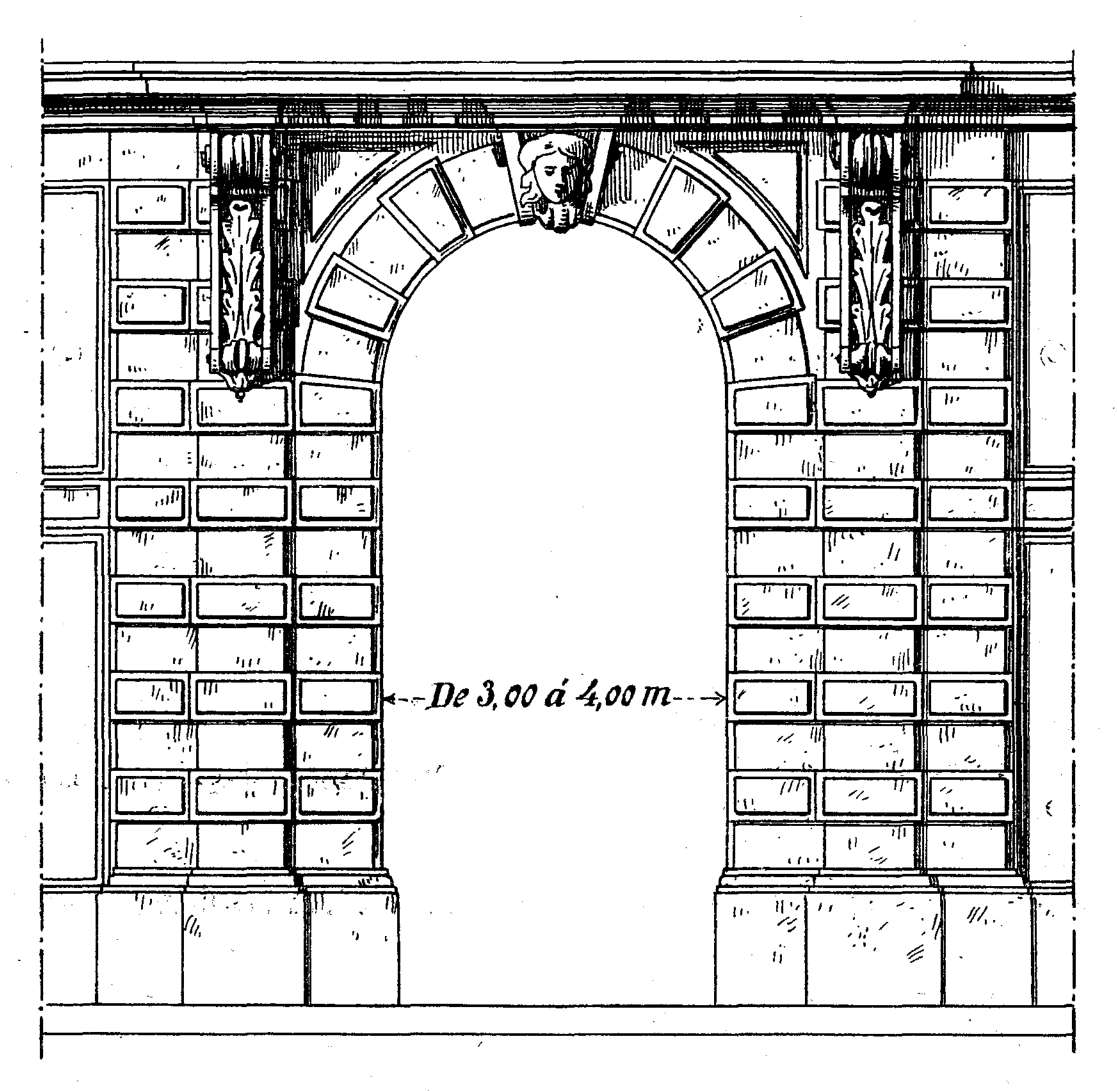


Fig. 320. – Puerta monumental para vehículos.

ordinariamente 20 ó 25 cm de ancho (en nuestro croquis, la importancia de la moldura hace que la puerta de madera se abra hacia el interior), el *alféizar B* tiene sus lados de 6 a 8 cm, los *derrames C* tienen por dimensión el complemento del espesor del muro. Como en los ejemplos que hemos visto precedentemente, el derrame se abocina para que las hojas puedan abrirse más de los 90°; en la parte horizontal superior, el derrame puede hacerse menos inclinado o ser completamente horizontal, pues, salvo asientos, no hay nunca peligro de rozamiento en la parte superior, porque las hojas de madera

tienen, desgraciadamente, mucha más tendencia a bajar que a subir.

El umbral, colocado al nivel del piso interior, forma un escalón hacia afuera. Debe ser de piedra fina y dura y no debe penetrar por debajo de las jambas, porque se rompería al menor asiento; para asegurar la salida del agua, está labrado con pendiente hacia el exterior.

Hemos supuesto un tragaluz labrado en el umbral y cubierto con un palastro perforado; es una aplicación de lo que hemos dicho al hablar de los tragaluces (pág. 98).

Las puertas para peatones y vehículos llamadas *puertas cocheras* se hacen en las construcciones que tienen cuadras y cocheras. La dimensión en ancho varía de 2,60 a 3,20 m; la altura casi siempre está limitada por la del piso bajo, pero debería tener de 3,80 a 4 m y más (fig. 320). La forma es rectangular, terminada en la parte superior por un arco rebajado o por uno de medio punto, que es el caso de nuestra figura.

A veces, en el estudio de las fachadas, hay necesidad de dar, para producir buen efecto visual, una gran altura a la puerta, que algunas veces llega a la parte inferior del suelo del segundo piso, sin que esta elevación sea necesaria para el paso de los vehículos. En este caso se divide la altura en dos pisos y se hace una obra de ebanistería que dé un aspecto que se aproxime al de una puerta completa, dotándola de una ventana para dar luz a la pieza que se obtiene por este procedimiento.

En estas puertas el umbral enrasa con el suelo, no forma peldaño y la acera se suaviza con una curva (véanse las figs. 413 y 414). A veces el vestíbulo de entrada está dotado de pequeñas aceras de 50 a 75 cm, que sirven de refugio a los peatones y al mismo tiempo de guardarruedas continuo; estas aceras se suprimen por completo cerca de la curva que describe la hoja de la puerta cochera, al abrirse, como se ve en el dibujo que damos en la figura 401.

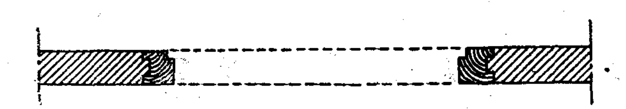


Fig. 321.—Puerta en un tabique.

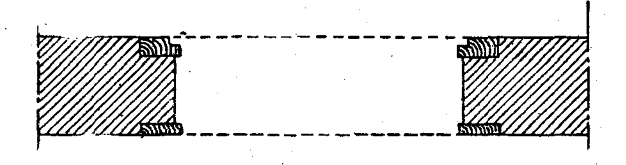


Fig. 322.—Puerta en un muro.

Puertas interiores.—Por lo que hace a la fábrica, las puertas interiores no presentan ninguna particularidad; los muros se interrumpen y forman jambas, sobre las que se apoyan los dinteles. No obstante, deben tenerse en cuenta algunos detalles; en los tabiques ligeros, es necesario que el marco de la puerta se coloque antes de hacer el relleno de ladrillos de yeso y después dar enlucidos en las dos caras (fig. 321).

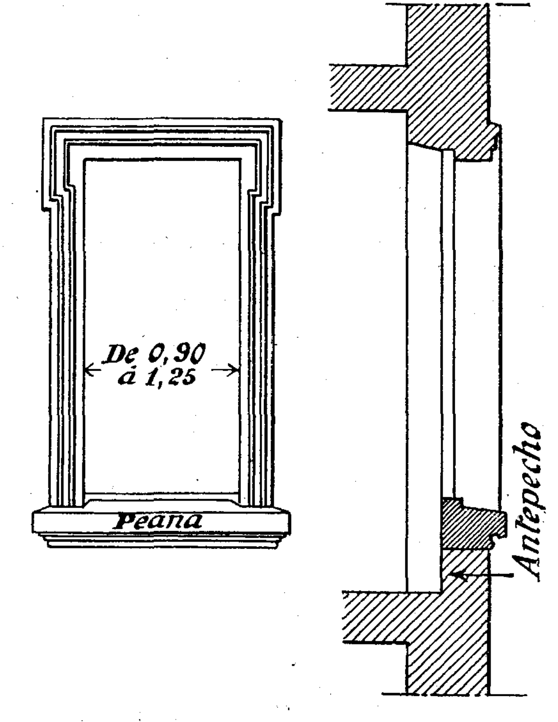
En los muros de ladrillo o de sillarejo se procura de antemano

dejar el hueco para la colocación de los bastidores, o bien se hacen después los rebajos necesarios para dicha colocación (fig. 322).

VENTANAS

Los vanos llamados ventanas se destinan a llevar la claridad al interior y permitir ver hacia el exterior. Son de dimensiones muy variables, según las construcciones donde están dispuestas; en las casas de alquiler tienen: 1,00 × 2,00 m; 1,05 × 2,10 m; 1,10 × 2,15 m y 1,20 × 2,20 m. Se componen, como las puertas, de telar, alféizar y derrame, pero tienen además el murete de *antepecho,* que mide 0,40 m de altura por término medio, y que va desde la parte inferior de la ventana hasta el entarimado.

Este antepecho está coronado casi siempre con una *peana* de piedra, labrada la cara superior con cierta inclinación para asegurar la salida de las aguas (figuras 323 y 324). En las construcciones económicas, el antepecho se hace de yeso y se cubre con cinc. Una baranda de hierro completa la altura de un metro, necesaria para evitar las caídas, formando el guardacuerpo.



Figs. 323 y 324.—Ventana.

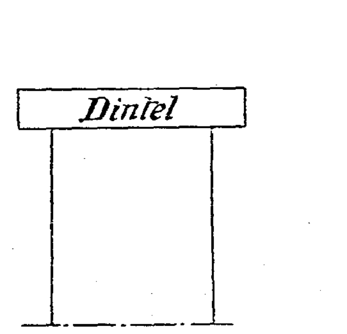
La ventana puede ser lisa, es decir, sin molduras, o también adornada con fajas o con unas jambas molduradas. También pueden decorarse con saltacaballos, como se ve en la figura, o con un frontón más o menos rico, lo que no altera en nada la manera de construir, pues ya se comprende que la decoración puede hacerse de mil maneras.

La parte superior de una ventana se hace de varios modos: con un dintel de piedra como en la figura 325, en la que un monolito salva la luz y se apoya en las jambas; el dintel puede ser también de madera, pero con gran frecuencia se hace con dos hierros en doble T acoplados con pernos o con grapas.

El dintel monolítico puede aliviarse por medio de un arco refiriendo el peso de la parte superior a las jambas; este arco, más o menos rudimentario, puede estar compuesto de dos piedras que forman un ángulo de lo menos 25° y que se apoyan en el vértice, una contra otra (fig. 326).

El triángulo formado por el conjunto de este aparejo se rellena con una fábrica cualquiera.

Cuando no se disponga de materiales de dimensiones relativamente grandes, es decir, cuando hayan de emplearse ladrillos o sillarejos, se hace una cimbra de fábrica, sobre la cual se voltea un arco de descarga que refiere el peso a las jambas (fig. 327). El dintel de dovelas se basta a sí mismo y el arco de descarga soporta el murete de antepecho o el muro, según que haya o no un vano encima.



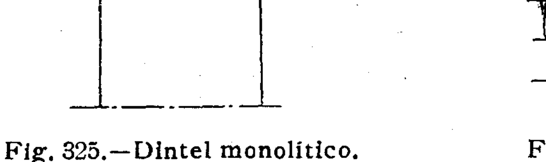
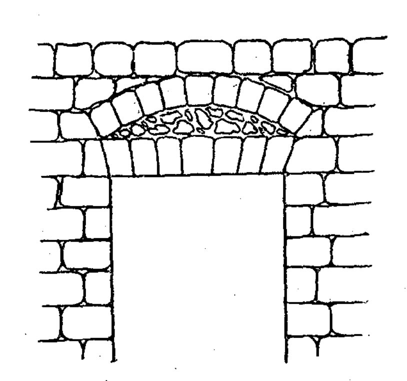


Fig. 325.—Dintel monolítico. Fig. 326.—Dintel de descarga.

El dintel de dovelas (fig. 328) necesita ser reforzado mediante un hierro cuadrado que representamos por una línea de puntos, y aconsejamos que se acodille en los extremos de manera que se enganche en los salmeres *S S*, que reciben el empuje de las dovelas. En principio, si la piedra es de naturaleza tal que resiste el esfuerzo de compresión máxima (que se produce en la parte superior de las juntas) y si las jambas pueden soportar el empuje máximo, es decir, impedir





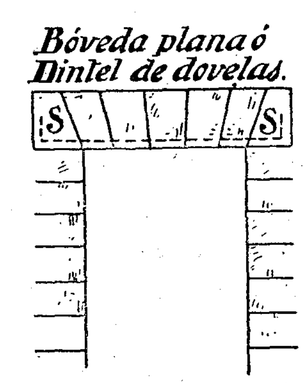


Fig. 327.—Arco de descarga. Fig. 328.—Aparejo de un dintel con dovelas.

que las dovelas se separen en la parte inferior, no hay razón alguna para que un dintel de dovelas no se sostenga tan bien como un bloque de una sola piedra colocado en las mismas condiciones, pues en todo dintel de esta clase hay un arco inscrito, de una flecha más o menos grande, que resiste como una bóveda.

La condición de resistencia de la piedra empleada es de necesidad absoluta. En las jambas puede limitarse el trabajo a una carga vertical, por medio del tirante de hierro que acabamos de mencio-

nar, el cual debe colocarse en la parte inferior de las dovelas, porque allí es donde este elemento producirá todo su efecto útil y anulará todo empuje sobre los apoyos. En esta clase de dinteles este tirante juega el mismo papel que la armadura inferior en una viga de hormigón armado.

En los suelos con vigas de hierro, debe disponerse un brochal, junto a los vanos cubiertos por un dintel aparejado con dovelas.

Debemos mencionar las ventanas gemelas o ventanas de ajimez, que no son en realidad más que ventanas dobles separadas entre sí por una pilastra pequeña llamada *parteluces*. El empleo del ajimez permite aprovechar la gran claridad que proporcionan los grandes vanos sin necesidad de dar a las hojas del cierre dimensiones exageradas; pero, por otra parte, las únicas hojas que convienen para estas ventanas son las que se pliegan contra el telar, porque se comprende que el parteluces, que raras veces tiene más de 35 a 40 cm, no podría recibir dos hojas del cierre o de persianas.

Referente a las ventanas, terminaremos por el consejo, dado a los constructores, de no adoptar ventanas con arco sino cuando no tengan que recibir cierres exteriores, postigos o persianas, porque cuando estos cierres se deben abrir hacia afuera, son de muy mal efecto, y cuando forman paquete contra el telar no se pueden cerrar más que hasta el arranque del arco, dejando así una parte más o menos considerable del vano sin protección. Estos vanos arqueados presentan graves inconvenientes en numerosos casos: la adaptación de estores, por ejemplo.

Buhardas.—Las buhardas son ventanas de dimensiones más o menos grandes que se practican en las vertientes de los tejados. Se construyen de piedra o de madera. Cuando son de piedra, se disponen a plomo con el muro de fachada, de la que ellas son continuación parcial y a veces descienden más abajo de la cornisa, que entonces queda interrumpida (fig. 329), lo que es un inconveniente en el sentido de que las aguas deben recogerse entre las buhardas, y de que el número de tubos de bajada aumenta. Otras buhardas se construyen retiradas de la cornisa, de manera que dejan pasar el canalón por delante y sobre toda la longitud de la fachada sin

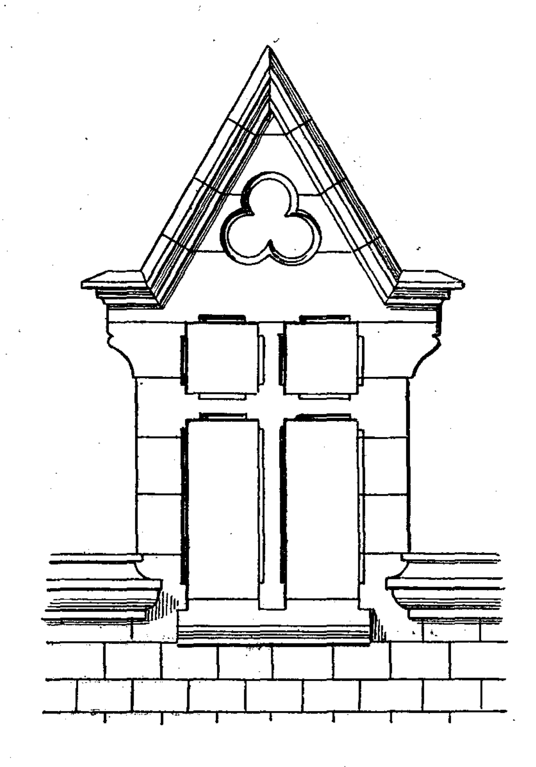
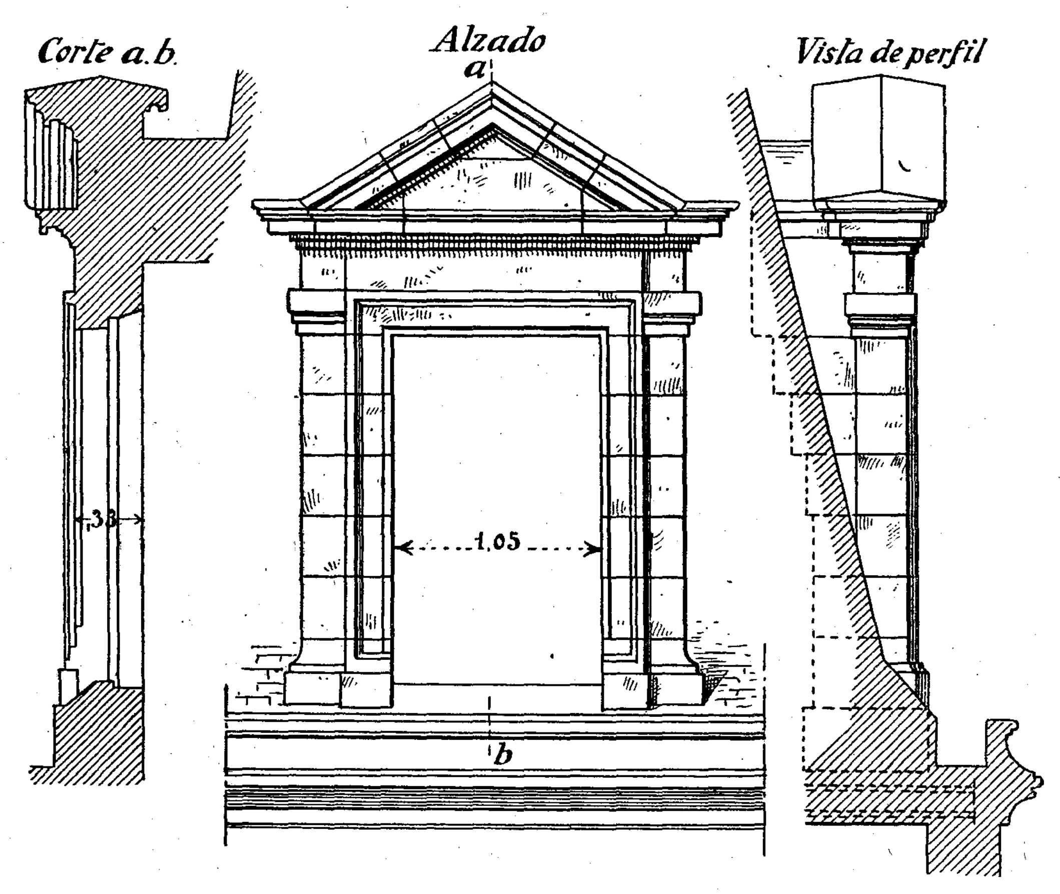


Fig. 329.—Buharda.

interrupción; en este caso, la buharda no está a plomo con el muro y se apoya en el piso (figs. 330, 331 y 332).

Una buharda se compone, como una ventana, de dos jambas, de un antepecho y un dintel. La parte superior termina generalmente en remate triangular formando frontón que debe enlazarse bien con la pequeña cubierta de dos vertientes destinada a ligar la buharda a la techumbre.

Los lados de la buharda raras veces se hacen de sillería, aunque cuando se emplean vigas de hierro, este aumento de peso junto a los extremos de las viguetas no tiene gran importancia; se constru-



Figs. 330, 331 y 332.—Buharda.

yen (como las pequeñas armaduras que cubren la buharda) de madera, tanto más cuanto que no se trata, con frecuencia, más que de un espacio muy restringido, aproximadamente igual á la separación de los cabios.

Las buhardas, como toda clase de penetraciones en las armaduras, crean dificultades para las cubiertas, y no insistiremos bastante en recomendar a los constructores el mayor cuidado al estudiar los enlaces, simplificándolos todo lo posible, evitando las formas complicadas difíciles de cubrir, pues son los sitios más peligrosos y donde el agua encuentra más fácilmente el medio de introducirse.

BALCONES

Los balcones forman saliente sobre las fachadas y están sostenidos por consolas. Hay balcones pequeños y grandes; los primeros no comprenden más que un solo vano, y los segundos corren a lo largo de las fachadas principales, pues los muros-piñón deben quedar completamente lisos.

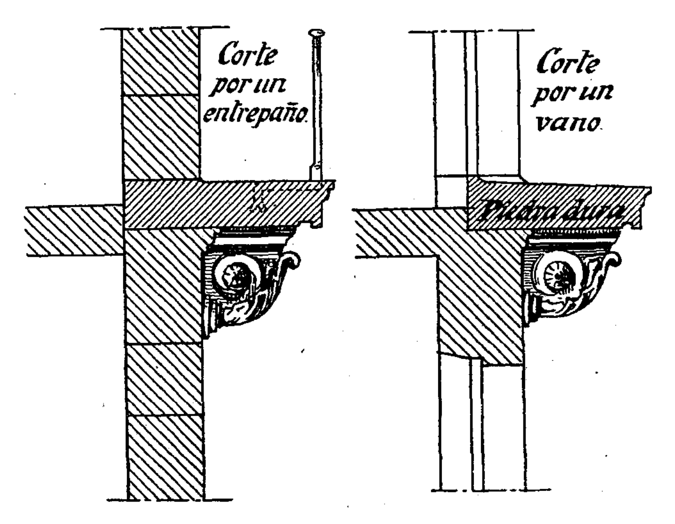
Estos salidizos están limitados por un guardacuerpos de hierro o por una balaustrada de piedra.

TABLA DEL VUELO MÁXIMO DE LOS BALCONES CON RESPECTO A LA FACHADA

Según las Ordenanzas Municipales de Madrid					En París, según el decreto de 1882		
Piso	En calles de ancho total ⩾ 20 m m	de 15 a 20 m m	de 10 a 15 m m	de 6 a 10 m m	Altura del balcón sobre la acera m	En calles de ancho < 9,75 m m	⩾ 9,75 m m
Entresuelo . .	0,35	0,30	—	—	2,60	—	—
Principal . . .	0,90	0,75	0,60	0,45	4,00	—	0,50
Segundo . . .	0,75	0,60	0,50	0,35	5,75	0,50	0,80
Tercero. . . .	0,50	0,45	0,40	0,25			
Cuarto	0,35	0,30	—	—			

Véase, además, el capítulo final de la obra.

Las losas de los balcones deben ser de piedra dura que resista bien la intemperie y tener un espesor de 25 a 30 cm. Están empotradas en todo el espesor del muro menos en los vanos (figs. 333 y 334) y se sostienen por medio de consolas o modillones, colocados con preferencia en las juntas de las piedras (fig. 335).



Figs. 333 y 334.—Balcones.

Desgraciadamente, no siempre es posible hacer que las juntas caigan encima de las ménsulas, pues a veces hay que franquear un gran espacio sin punto de apoyo, siendo necesario, por las condiciones de extracción de la piedra elegida, construir el balcón en dos trozos. Entonces hay que recurrir a uno de los medios de unión que indicamos en las figuras 95, 96, 97 y 98, de modo que una flexión que se produzca en una parte de la losa se corra inmediatamente a la otra.

Las piedras convenientes para la construcción de los balcones son las de grano fino, compactas y duras.

En los sitios donde falte la piedra dura se pueden construir los balcones con piedras de mediana dureza, pero entonces es conveniente cubrir la superficie con una chapa de plomo o un sólido revestimiento de cinc que la proteja contra las aguas.

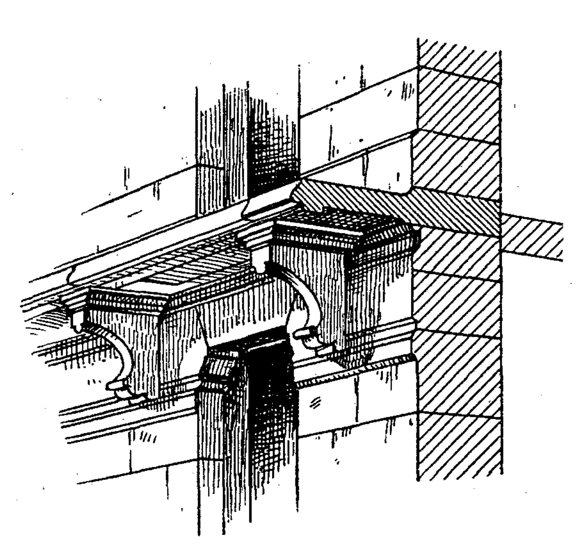
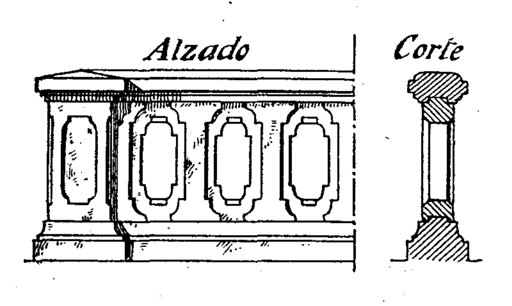


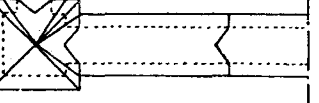
Fig. 335.—Balcón.

Como se ve en las figuras, la parte que constituye el pavimento del balcón arranca de la fachada por un caveto y continúa con una pequeña pendiente hacia afuera. En los extremos la piedra conserva todo su espesor (unos 5 cm de ancho), para que el agua no encuentre salida por los lados y moje los paramentos de la fachada. En los vanos, la pendiente continúa hasta el alféizar, donde se une con otro caveto.

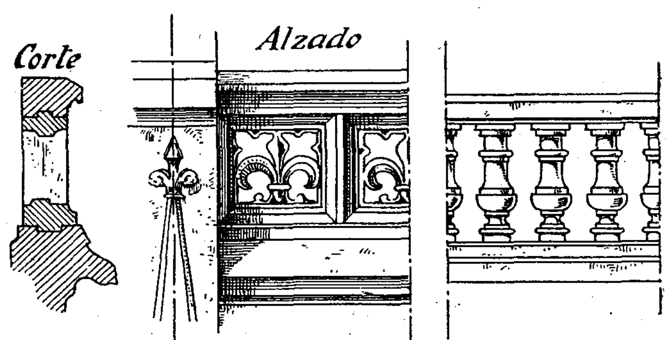
A veces, se aprovecha, en el último piso de las casas de alquiler, el saliente de la cornisa para hacer un balcón, retirando el muro de fachada; disposición que es la que hemos indicado en las figuras 42 y 43.

Balaustradas y balaustres.—Una balaustrada es un guardacuerpos de altura como la de un antepecho, o sea un metro aproximadamente, y compuesta por una serie de balaustres coronados por un pasamanos; también puede ser un antepecho calado o completamente lleno. Así,





Figs. 336 a 338.—Balaustrada.

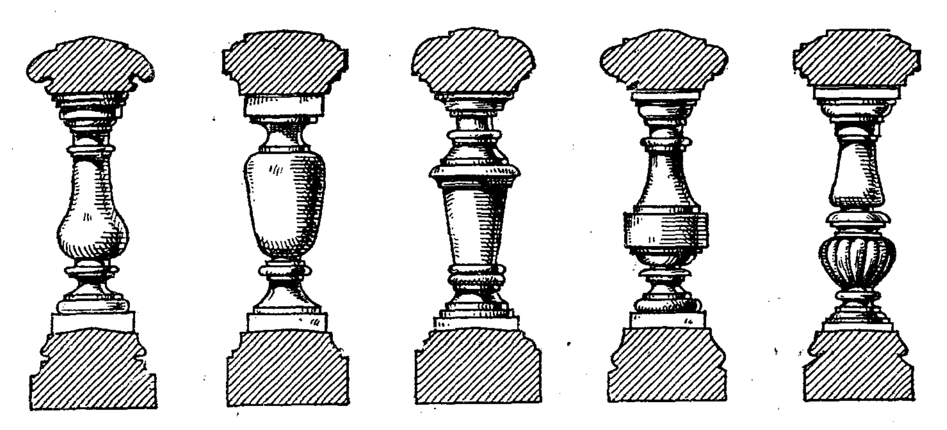


Figs. 339 a 341.—Balaustradas.

por ejemplo, la balaustrada que representamos en las figuras 336, 337 y 338 podría no estar calada más que en una cierta profundidad y presentar la misma decoración; esta disposición es frecuente, sobre todo cuando por una razón cualquiera hay que disi-

mular un canalón o cabezas de maderos que cortan la balaustrada hacia la mitad de su altura.

La decoración de las balaustradas varía hasta el infinito, pues se comprende la diversidad de motivos propios para rellenar el intervalo entre su zócalo y su pasamanos (figs. 339 y 340). Pero la balaustrada más corrientemente empleada está compuesta sencillamente

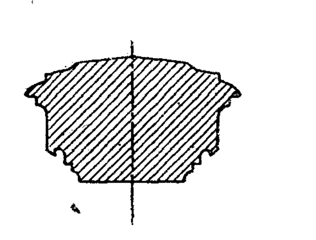


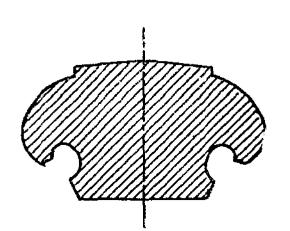
Figs. 342 a 346.—Balaustres, zócalos y pasamanos.

de un zócalo y de balaustres cuadrados o redondos, cubiertos con un pasamanos, todo del género de nuestra figura 341.

Una balaustrada se compone de la parte inferior, que forma zócalo o plinto; la parte vertical, en forma de panel macizo o calado, o también sencillamente de balaustres; por último, del pasamanos, más o menos moldurado, como muestran las figuras.

En los ángulos y algunas veces en puntos intermedios se disponen pilastras macizas con formas que den la sensación de estabili-





Figs. 347 y 348.—Pasamanos.

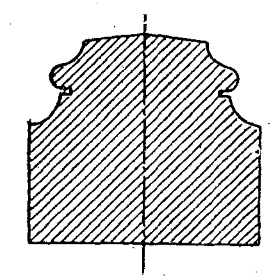


Fig. 349.—Zócalo de balaustrada.

dad, como la que hemos representado en la figura 336; la pilastra se flanquea por una aleta o por medio balaustre que sirve de apoyo al pasamanos.

Las figuras 342 a 349 representan tipos de balaustres, pasamanos y zócalos.

Los balaustres, lo mismo que las columnas, están compuestos de tres partes: base, fuste y capitel.

La base está formada, casi siempre, de un zócalo cuadrado con un toro, una escocia y algunas molduras encima.

El fuste, torneado o cuadrado, afecta, en general, la forma de

una cantimplora y presenta por arriba una parte estrecha coronada con un astrágalo, y por debajo una porción fuertemente ensanchada.

El capitel está compuesto de una tablilla cuadrada que forma ábaco, de un cuarto de caña y de un filete.

El pasamanos está, como ya hemos dicho, más o menos moldurado; además de los ejemplos que damos en los balaustres, las figuras 347 y 348 representan otros dos perfiles; en el primero, se ven las líneas finas y delicadas convenientes para una piedra dura y de grano fino, y en el segundo, una sobriedad de formas que convienen más bien a una piedra de grano grueso, en la cual no podrían obtenerse perfiles complicados.

El zócalo no lleva generalmente más que perfiles simples y que no pueden tomar, por lo demás, más que la piedra que quede fuera de la base de la pilastra. En la figura 349 damos un ejemplo que necesita ya un gran ancho de piedra; un caveto, un filete o un cuarto de caña son suficientes, generalmente.

Las dimensiones de las diferentes partes de una balaustrada son muy variables. Se comprende que este elemento de arquitectura debe presentar un aspecto de pesantez, de fuerza o de ligereza, según la importancia y el carácter del edificio, donde se ha de colocar. Sin embargo, vamos a tratar de dar algunas que se refieren a los casos más corrientes y por lo tanto bien determinados.

a) Balaustrada con paneles calados:

Zócalo: masa antes del refino, ancho 28 cm que se convierten en 26 al terminar la labra; altura 20 cm.
Paneles: espesor antes del refino 18 cm que se reducen a 16 luego.
Pasamano: masa antes del refino, ancho 28 cm que se reducen después del refino a 25 cm; altura 16 cm.

b) Balaustradas de balaustres torneados:

Zócalo: ancho 30 cm; altura 24 cm.
El balaustre, el zócalo, el ábaco y la parte ensanchada del medio salen de una masa de 17 × 17 cm, aproximadamente.
La parte más estrecha equivale a la mitad de la parte ancha.
Pasamano: tiene una altura igual al mayor ancho del balaustre o 28 ó 30 cm como mayor dimensión.

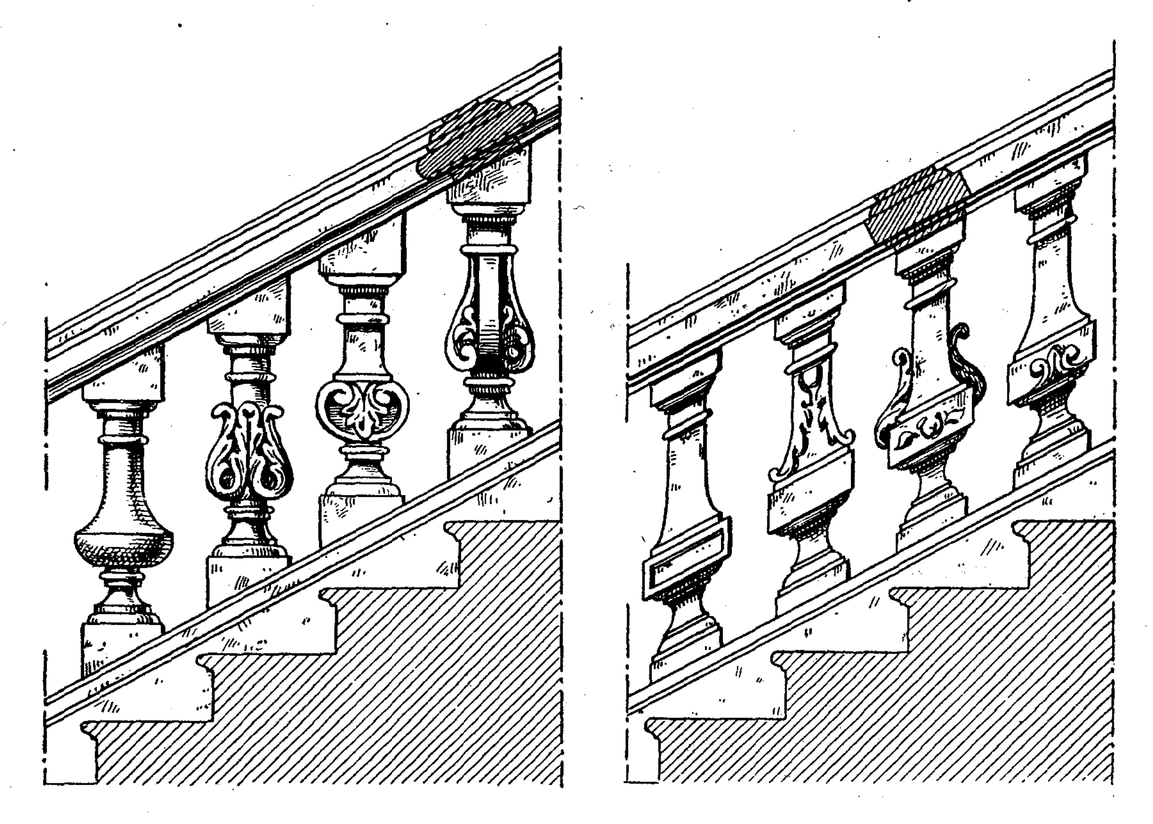
Los balaustres están separados, unos de otros, el espacio necesario para equilibrar sensiblemente los huecos y las partes llenas. Claro es que el grosor de ellos varía con la altura de la balaustrada: hay algunos que no tienen más que 10 y aun 8 cm de diámetro máximo.

El ensamblaje de los balaustres se hace de la manera más sencilla: cada balaustre lleva arriba y abajo espigas de bronce (algunas veces se hacen de hierro galvanizado por economía), que penetran en el zócalo y en el pasamano. Los sillares que forman el pasamano

y el zócalo también se unen por medio de grapas acodilladas que hacen solidario el conjunto.

Las piedras que se emplean en la construcción de los balaustres deben ser duras, no heladizas, y además el constructor debe preocuparse seriamente de impedir que el agua se estanque, haciendo las piedras impermeables por medio de un ligero enlucido que tapone los poros y no dejando superficies horizontales sino disponiendo, siempre que lo permita el orden de arquitectura adoptado, superficies inclinadas y goterones eficaces.

También se hacen balaustradas de barro cocido; no se diferen-



Figs. 350 y 351.—Balaustradas en pendiente.

cian de las de piedra, pero por el moldeo permiten una mayor riqueza con más economía.

Mencionaremos también las balaustradas construídas con botes semicilíndricos huecos (que se colocan por hiladas sucesivas apoyándose unas en otras) y las de ladrillo en las cuales se reservan huecos que afectan todas las formas compatibles con la forma rectangular del ladrillo.

Inmediatamente después de los balaustres, vamos a tratar de las escaleras de piedra. Por lo tanto, terminaremos diciendo algunas palabras de las balaustradas en pendiente.

En esta clase de balaustradas, que siempre se aplican en las escaleras, los balaustres permanecen verticales; sus capiteles y zócalos se ensamblan en los planos inclinados que forman el pasamano y la zanca, en los que hay preparadas unas cajas para recibirlos.

Los balaustres, redondos o cuadrados, no difieren de los que aca-

bamos de examinar más que en la dimensión mayor del zócalo y del ábaco. En la figura 350 hemos variado los motivos de decoración de los balaustres para dar variedad.

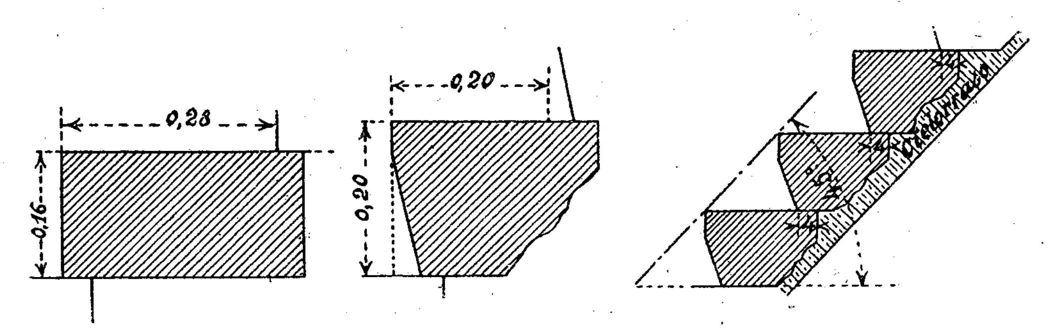
Los balaustres moldurados en el sentido de la pendiente (fig. 351) no son recomendables; no obstante, algunos constructores han hecho hasta balaustres redondos moldurados en el sentido de la rampa. Aparte de su labra dificultosa, estos balaustres son de muy mal efecto.

ESCALERAS DE FÁBRICA

En el capítulo XI, sección *Generalidades sobre las escaleras,* examinaremos las condiciones generales comunes a todas las escaleras (que pueden construirse de madera, piedra o hierro) y son independientes del material de que están construídas.

La piedra destinada a la construcción de los peldaños de escalera, y en particular de las escalinatas, debe ser sólida, de buen grano fino, muy dura, ha de resistir bien al desgaste sin llegar a pulimentarse, y por último, debe ser capaz de resistir a la intemperie y a los agentes atmosféricos. Para los peldaños de los sótanos, que están poco expuestos a mojarse, se pueden emplear rocas conchíferas duras; en este caso el grano puede ser menos fino, pues una piedra ligeramente rugosa tiene la ventaja de ser menos resbaladiza.

Perfiles y secciones de los peldaños.—En las escaleras que han de soportar un gran tránsito, es preferible no perfilar los peldaños y basta darles una sección rectangular (fig. 352); si se trata de una esca-

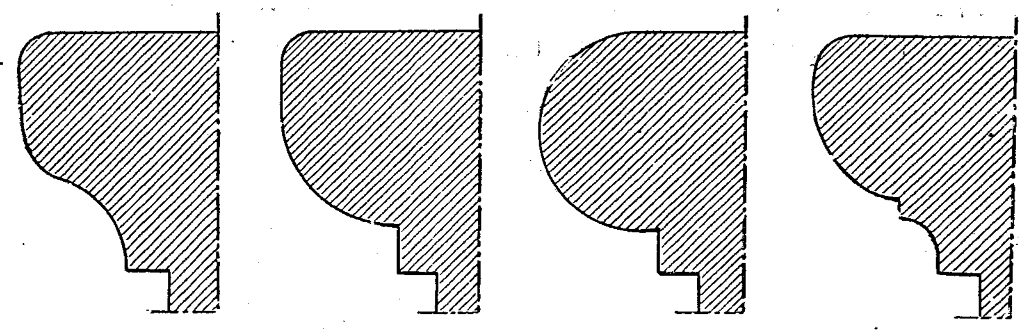


Figs. 352, 353 y 354.—Peldaños para sótanos.

lera de sótano en la que generalmente los peldaños tienen 20 cm de altura por 20 cm de huella, se puede labrar la piedra en bisel, según la figura 353, lo que aumenta la huella al subir, pero no proporciona ventaja a la bajada. De no ser así, la escalera de molinero que por faltarle las contrahuellas permite que se recubran los peldaños unos a otros, sería una escalera muy cómoda. En todos los casos, como es muy malo para la piedra dejar que el agua se estanque en ella, conviene dar a las huellas una ligera inclinación.

Los peldaños deben recubrirse unos a otros por lo menos de 3 a 4 cm (fig. 354), y si no quedan aparentes por debajo, pueden dejarse sin labrar por la parte inferior, como se ve en la figura 354.

En las escaleras hechas con esmero que deban presentar una cierta decoración, se adornan los peldaños con una moldura que se llama *astrágalo*. La delicadeza de esta moldura está en relación con

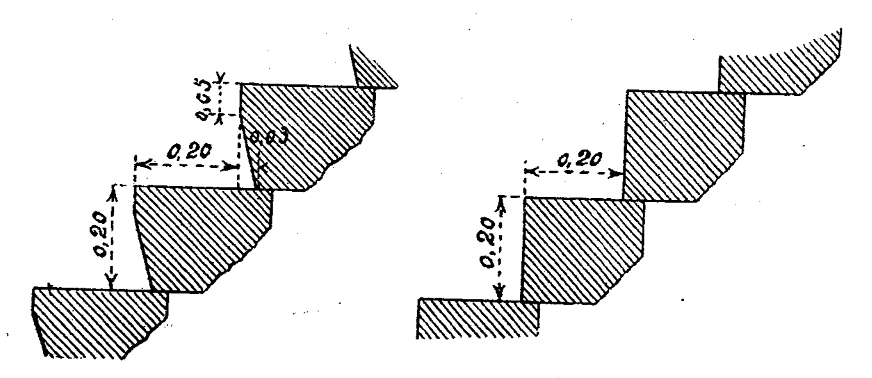


Figs. 355, 356, 357 y 358.—Molduras de peldaños.

la resistencia de la piedra, pero en general se pueden aconsejar los perfiles sencillos y robustos, concebidos teniendo en cuenta el desgaste, es decir, evitando todas las aristas vivas en la parte superior, donde pronto se desgastarían irregularmente por el rozamiento de los pies. Como ejemplos, damos (figs. 355 a 358) las molduras más corrientemente empleadas.

Escaleras de sótanos.—Las escaleras de sótanos destinadas a la bajada de toneles de vino son siempre de piedra. No se hacen de madera más que las escaleras destinadas solamente al servicio interior y que, por lo demás, son de dimensiones más pequeñas.

Esta clase de escaleras no debe tener menos de 0,90 m de ancho y su inclinación, medida sobre la huella, no debe pasar de 45°, es



Figs. 359 y 360.—Escaleras de sótanos.

decir, que los peldaños no deben tener más de 20 cm de altura ni menos de 20 cm de ancho (figs. 359 y 360).

Las escaleras de sótanos se construyen casi siempre entre dos muros, y los peldaños aplantillados se colocan a medida que avanza la construcción de los muros; como los peldaños se empotran en los muros, no necesitan zanca.

La parte de muro que hace el papel de zanca en las escaleras de un solo tramo toma el nombre de alma de la escalera; generalmente para escaleras hasta de 1,20 m de ancho se construyen de un ladrillo de espesor o bien con sillarejos de 35 a 40 cm de espesor. La parte que queda bajo la escalera puede utilizarse como bodega o trastera, pues basta colocar allí una puerta.

Escalinatas.—Generalmente se llaman *escalinatas* las escaleras exteriores muy expuestas a las influencias atmosféricas, por lo que su

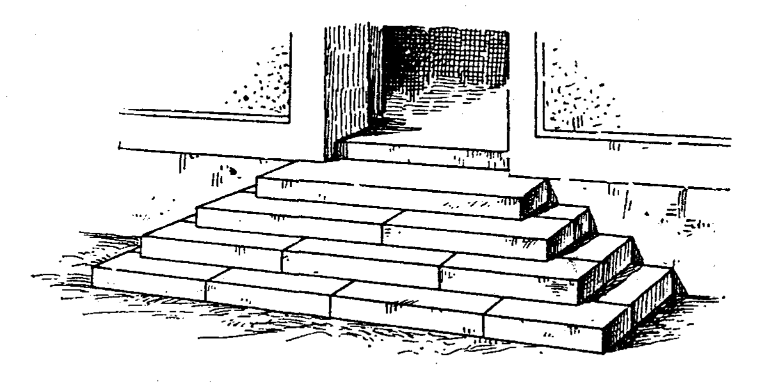


Fig. 361.—Escalinata.

construcción hay que hacerla con todo esmero; deben estar bien cimentadas sobre buen material no atacable por la humedad del suelo; sobre esta cimentación se dispone una buena fábrica, mampostería o sillarejo trabado con mortero hidráulico que presente los resaltos para apoyar los peldaños; éstos y el descansillo deben ser de piedra muy dura, no heladiza, de grano fino y apretado; hay que dar-

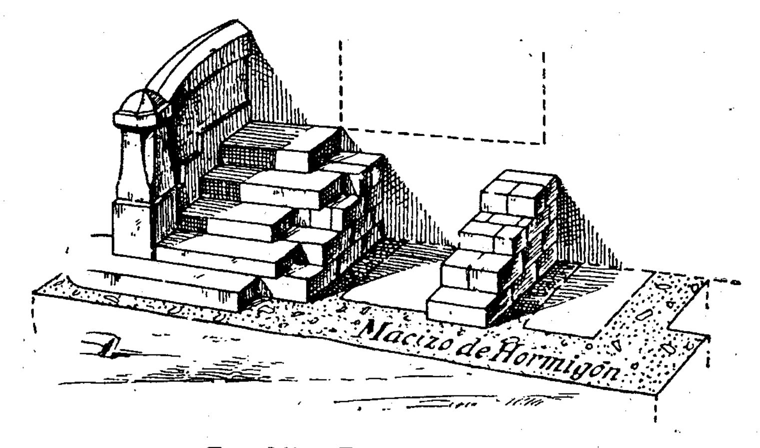


Fig. 362.—Escalinata recta.

les la mayor inclinación posible, compatible con la facultad que tiene la piedra empleada de adquirir pulimento, y por lo tanto, de llegar a ser resbaladiza, hacer las juntas con esmero, rellenas por completo y, naturalmente, alternadas para facilitar la unión. Esta pendiente hacia el exterior tiene por objeto impedir que las aguas se depositen en la huella.

Se distinguen varias formas de escalinatas:

a) La escalinata de peldaños paralelos a la fachada con vueltas a escuadra, como muestra la figura 361.

El peldaño superior, que toma el nombre de descansillo, debe tener una huella unas dos veces mayor que los demás peldaños, pues

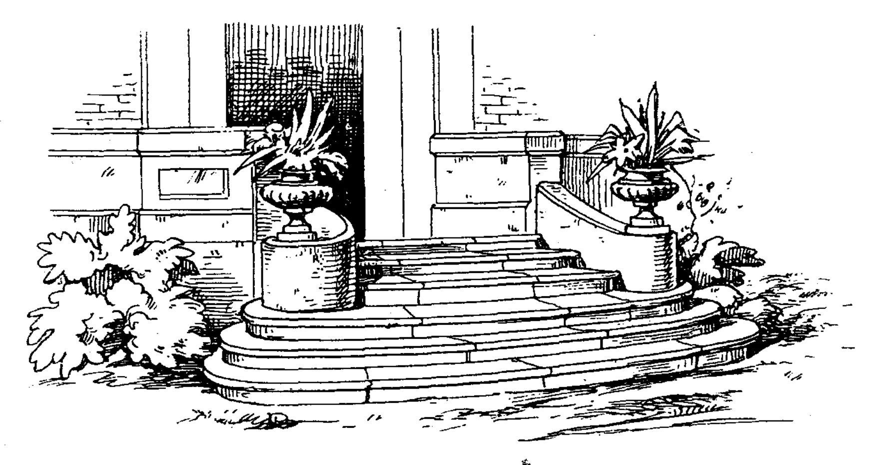


Fig. 363.—Escalinata mixta.

para contener personas que se detengan en él a hablar, ya al entrar, ya al salir, sería insuficiente un peldaño sencillo.

A veces, en lugar de dejar vivas las aristas de las vueltas, se redondean y se cortan a 45°; esto suaviza la forma, pero conduce a un suplemento de coste.

b) La escalinata de peldaños paralelos a la fachada y comprendida entre muros. En ésta se puede reemplazar el macizo de fábrica por muros con escalones, en número proporcional al ancho de la escalinata (fig. 362). Los peldaños colocados sobre estos muros se cubren después con piedras aparejadas, para formar escalones o una zanca que pueda recibir los balaustres o una barandilla.

c) Las escalinatas cuyas zancas no son paralelas, sino curvas que terminan en volutas (fig. 363).

d) Las escalinatas de peldaños perpendiculares a la fachada con una o dos subidas que son, realmente, escalinatas entre muros, adosadas a una fachada.

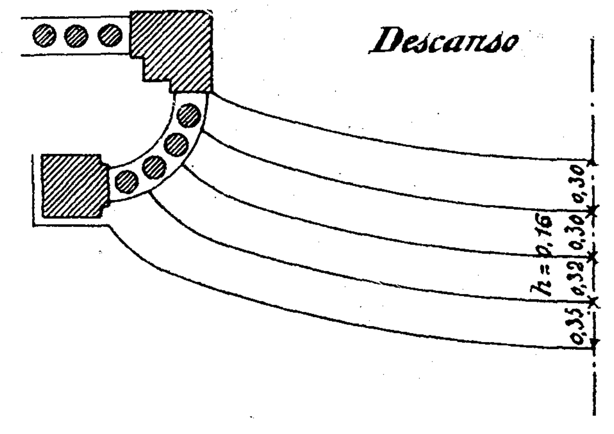


Fig. 364.—Escalinata curva.

e) Las escalinatas de peldaños curvos que tienen una bajada única (fig. 364) o dos series de peldaños (fig. 365). Estas escalinatas comprenden siempre un ancho descansillo, especie de balcón a propósito para reunirse en el buen tiempo.

f) Todas las combinaciones mixtas con descansillos, peldaños

rectos o curvos, zancas rectilíneas o arqueadas, etc., que haya necesidad de estudiar, según las condiciones particulares que se presenten en cada caso.

Más sencillas todavía, y sobre todo más económicas, son las escalinatas hechas de fábrica y enlucidas de cemento. La única pre-

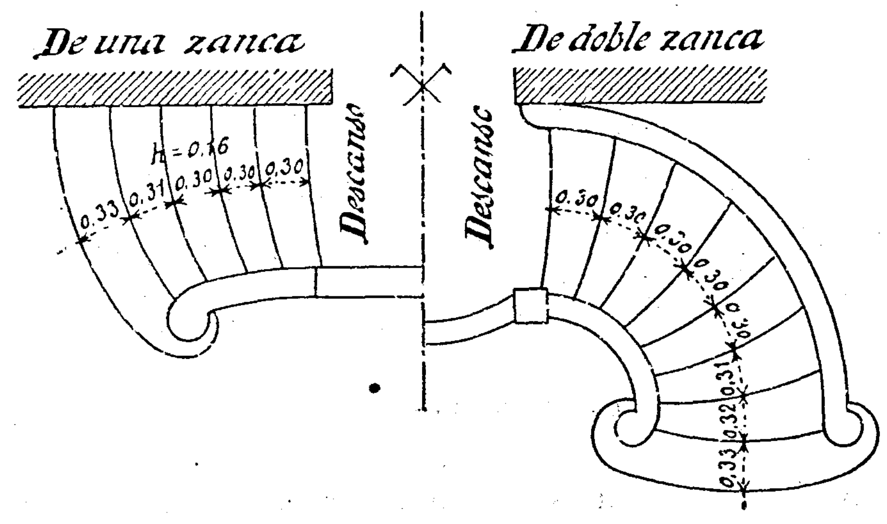


Fig. 365.—Escalinatas curvas.

caución que hay que tomar es la de colocar en la arista de la huella un hierro de forma tal, que dé el perfil necesario.

Se emplea casi siempre la piedra dura y resistente para hacer los umbrales y las escalinatas, pero también se hacen de hormigón en masa convenientemente moldeado, lo que al suprimir la labra, siempre costosa, proporciona una gran economía.

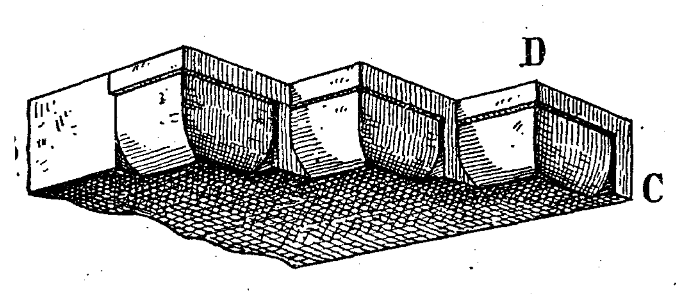


Fig. 366.—Peldaños aligerados.

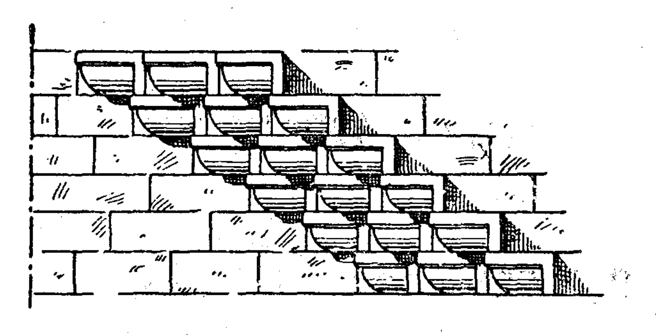


Fig. 367.—Escalera volada.

Es conveniente cubrir la escalinata o la escalera exterior cualquiera por medio de una marquesina, dándole a ésta una extensión suficiente para preservar a las piedras del contacto del agua y de la nieve, con lo que, por otra parte, se favorece la decoración.

Escaleras exteriores. — Estas escaleras no se construyen en la actualidad. En la edad media, la escalera exterior se empleaba como motivo de decoración; hoy día se prefiere guardar este recurso para el interior. Puesta en el exterior la escalera molesta menos la distribución de la planta, pero necesita una cubierta y a

veces un cierre completo, pues de otro modo se estaría expuesto al subir a mojarse por la lluvia y se tendría también menos seguridad.

Estas escaleras, casi siempre rectas, se hacían algunas veces voladas contra los muros; damos a continuación un curioso ejemplo

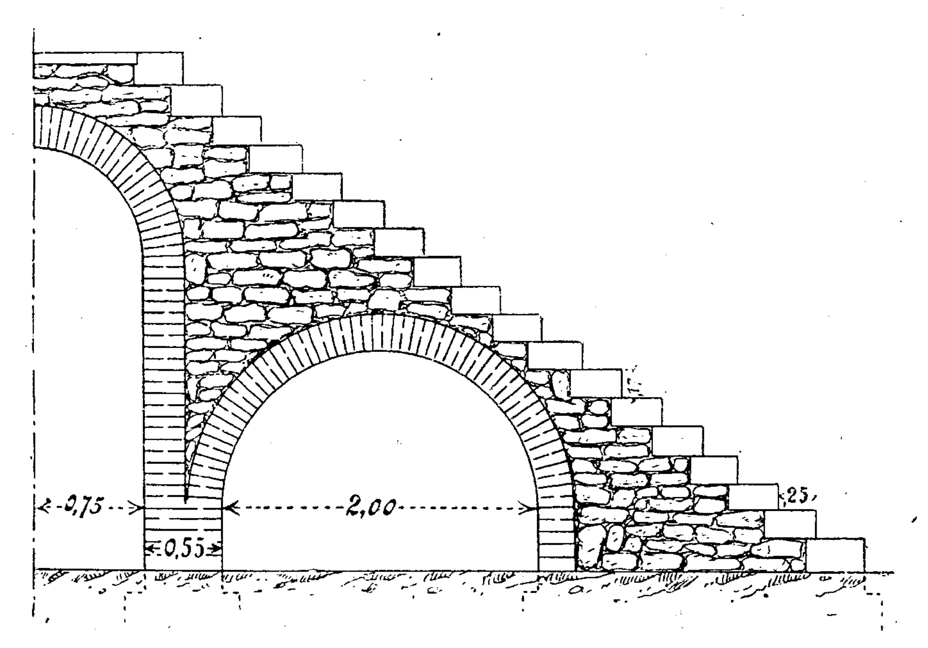


Fig. 368.—Escalera sobre arcos.

de Viollet-le-Duc: «Cada peldaño estaba labrado como indica la figura 366, la parte *B* era la que se introducía en el muro. Colocando estos peldaños, así combinados, unos sobre otros, de modo que el punto *C* viniese a caer sobre el punto *D*, quedaban apoyados sobre una serie de retallos en forma sumamente sólida». En la figura 367 damos un alzado de esta escalera.

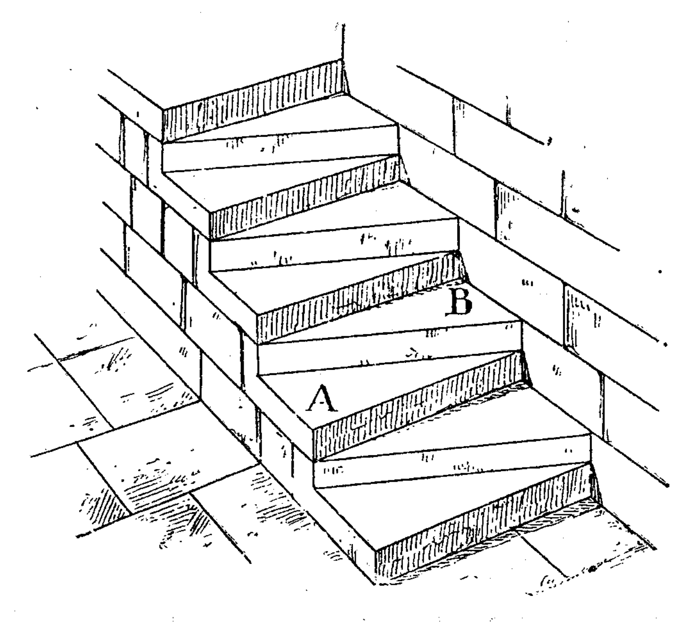


Fig. 369.—Escalera de peldaños triangulares.

La escalera que se empleaba más frecuentemente era la de tramo recto, adosada al muro, en la cual los peldaños, empotrados por un extremo, se apoyan por el otro en un muro, a menudo aligerado por medio de arcos que permitían utilizar la parte inferior de la escalera (fig. 368).

«Pero a veces, dice también Viollet-le-Duc, falta sitio para obtener una pendiente suave y hay necesidad de subir con un ángulo de 45°, lo que da peldaños tan anchos como altos, y esto hace peligrosa o demasiado penosa la subida. En casos análogos los constructores observaron, con razón, que no se pone más que un pie a la vez en

cada peldaño, lo mismo para subir que para bajar, y que, por lo tanto, es inútil que un peldaño tenga el ancho necesario para la colocación del pie en toda su longitud; estos constructores, decimos nosotros, dispusieron sus peldaños en cuña, como se ve en la figura 369, de tal modo, que dos peldaños tuvieran en conjunto 30 cm de altura y 30 cm de ancho cada uno en un extremo, con lo que se podía inscribir el tramo en una pendiente de 45°. Unicamente que siempre era necesario colocar el pie derecho sobre el peldaño *A* y el pie izquierdo sobre el *B* al bajar y hacer lo contrario al subir.» La vista en perspectiva que damos hace comprender bien este ingenioso sistema que honra a los arquitectos que lo concibieron, pero no osaremos recomendar su aplicación porque necesita una bajada y una subida metódicas, sin lo cual serían muy frecuentes los accidentes.

Escaleras interiores.—Comprenden: las escaleras entre muros, las de caracol, las mixtas de tramos rectos y curvos, etc.

Escaleras entre muros.—Generalmente se empotran los peldaños, por sus dos extremos, en los muros, o se apoyan sobre modillones preparados para este objeto y de modo que se recubran

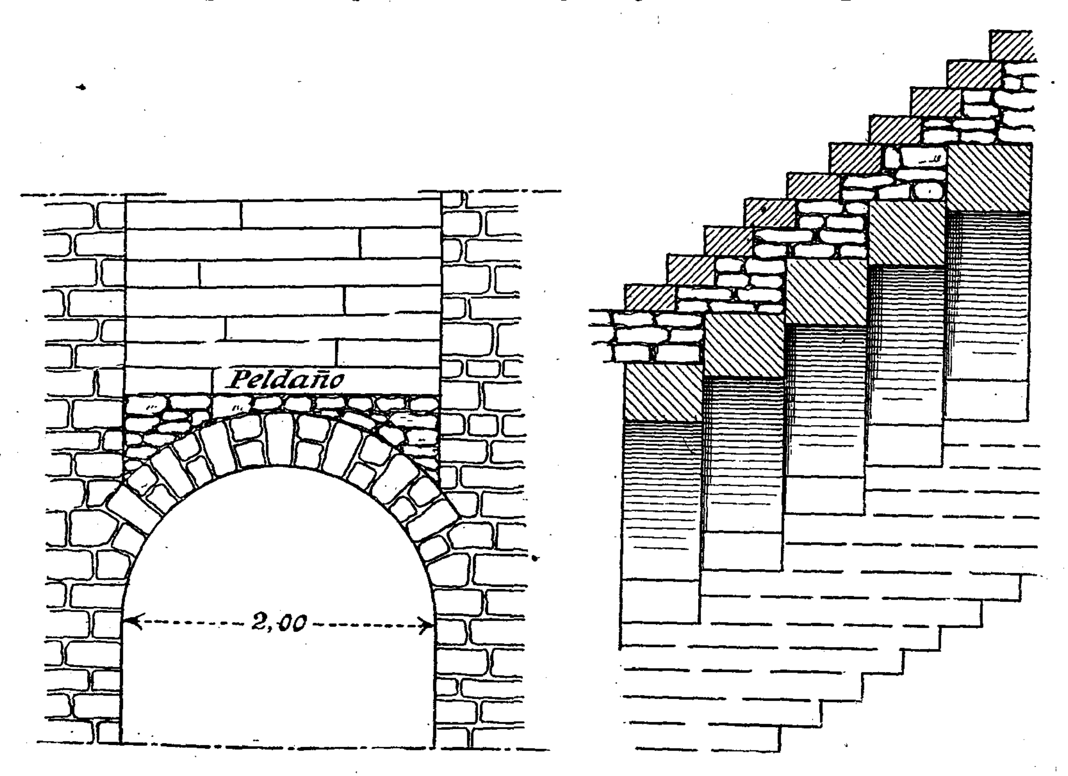


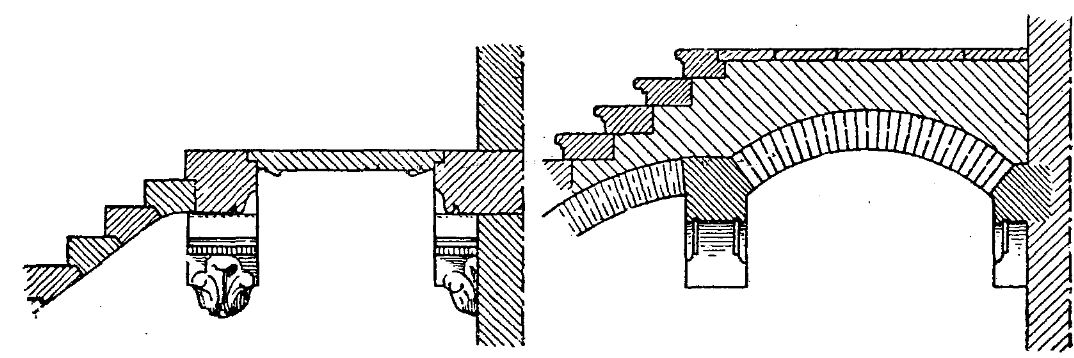
Fig. 370.—Escalera sobre bóveda en bajada. Fig. 371.—Escalera sobre arcos.

unos a otros unos 3 ó 4 cm. Después se construye un cielorraso por debajo, si los peldaños no presentan un paramento suficientemente liso.

Pero no es práctica esta manera de construir las escaleras más que si el pequeño ancho de las mismas puede salvarse con los peldaños. Pues, en caso contrario, hay que recurrir a una armazón metá-

lica, o franquear la luz haciendo una bóveda en bajada, en cuyo trasdós se apoyan los peldaños (fig. 370).

En una escalera recta se puede reemplazar la bóveda en bajada por una serie de arcos construídos de modo que formen escalones (figura 371); este último procedimiento es de una labra más sencilla



Figs. 372 y 373.—Descansos.

que el precedente. Claro es que, en estas escaleras, se puede decorar fácilmente el techo, pues los arcos dispuestos como hemos dicho, se prestan muy bien para el revoque.

El descanso puede ser de una pieza; esto depende de la piedra de que se disponga, pero si no se tiene a mano material de dimensiones suficientes, se pueden aparejar los elementos de manera que formen un descanso del tipo de los que representamos en las figs. 372 y 373.

Escaleras de caracol.—En otra parte, en las obras de hierro y de madera, estudiaremos las escaleras de caracol de dichos mate-

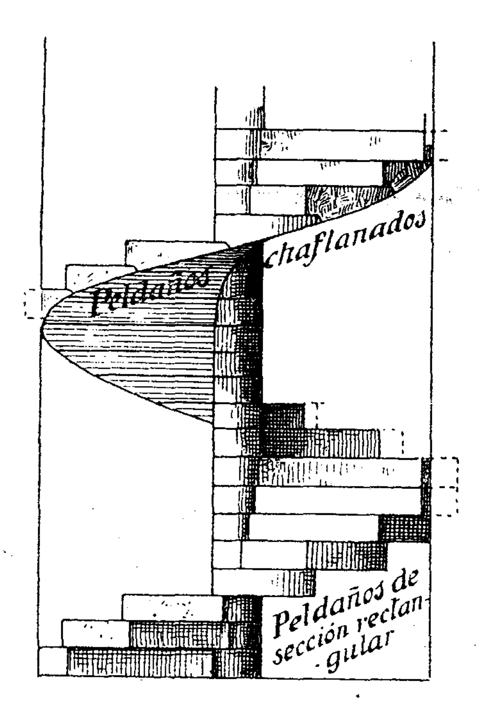


Fig. 374.—Escalera de caracol.

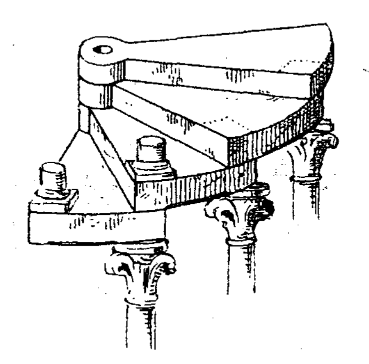


Fig. 375. — Apoyo de los peldaños en una escalera de caracol.

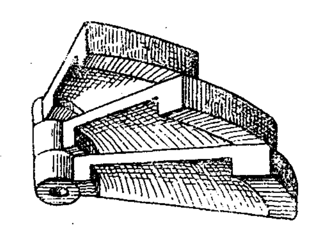


Fig. 376. — Peldaños vaciados por debajo.

riales. Allí veremos que las formas que se deducen para los elementos de estas construcciones son incompatibles con el empleo de

la piedra. Efectivamente, cada peldaño de madera o de hierro es una especie de pescante fijado al núcleo, mientras que si son de piedra, es indispensable que cada peldaño, además de apoyar bien en el precedente o en el núcleo que forma, por el otro extremo se entregue en el muro de la caja de la escalera o que descanse sobre columnas (figs. 374 y 375).

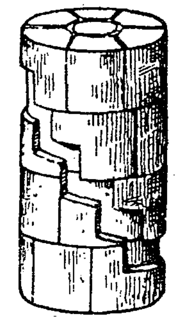


Fig. 377.—Núcleo o alma.

Los peldaños pueden formar por sí mismos el núcleo; entonces tienen la forma indicada en nuestro dibujo en perspectiva (fig. 376) en el que se ve la parte inferior del peldaño vaciada para aumentar la altura libre entre la huella y el techo. Se aumenta la solidez y se facilita el montaje metiendo en cada peldaño una espiga de bronce que lo haga solidario del precedente.

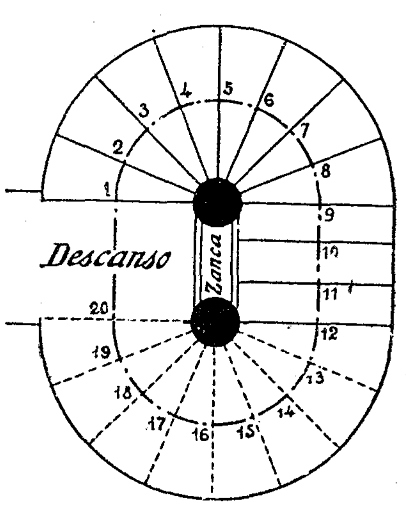


Fig. 378.
Escalera de doble núcleo.

Si para facilitar la subida, o para conseguir mayor altura libre sobre el peldaño, se quiere descentrar la escalera, dando al núcleo un diámetro considerable, se labran, en las piedras de que está compuesto el núcleo, las cajas necesarias para recibir los extremos de los peldaños (fig. 377). Si este núcleo alcanza una dimensión demasiado grande, puede hacerse hueco y servirse entonces de esta chimenea para un uso cualquiera, para la ventilación por ejemplo.

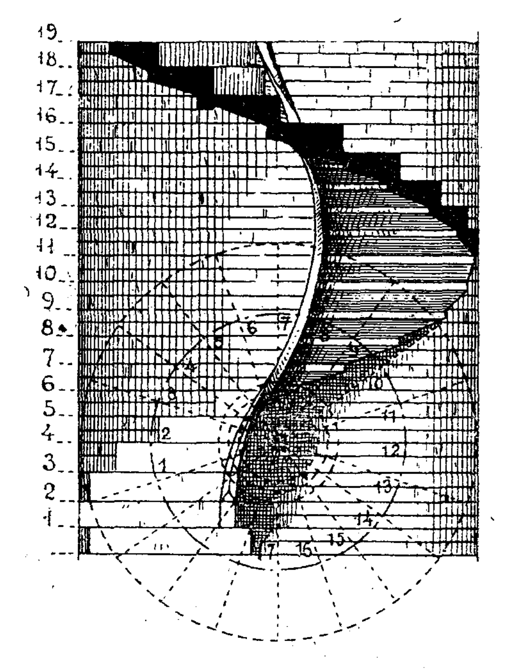


Fig. 379.—Escalera de caracol con ojo.

La caja de la escalera de caracol no hay necesidad absoluta que sea de forma redonda, pues puede ser poligonal y aun cuadrada.

La escalera de doble núcleo (figura 378) puede convenir en muchos

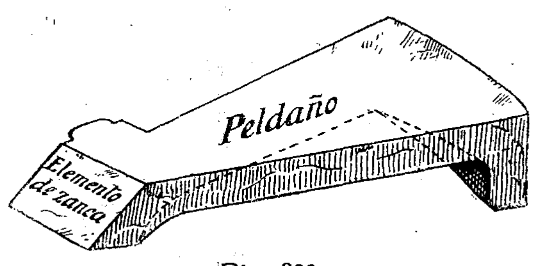


Fig. 380.
Peldaño para escalera de caracol con ojo.

casos, puesto que la de núcleo sencillo presenta siempre dificultades para obtener la altura de paso necesaria y para disponer los descansos. Un descanso de tres peldaños representa tres alturas

de escalón perdidas para el paso; ahora bien, como esta disposición comprende un rectángulo y dos semicírculos, permite dar—en vez de trece divisiones en planta, como diremos en las generalidades—un número indefinido de peldaños y por lo tanto de descansos, y una altura, sobre los descansos, igualmente ilimitada.

Escaleras de caracol con ojo.—Estas escaleras tienen su centro completamente vacío en vez de estar ocupado por un núcleo. Los peldaños, empotrados en el muro de la caja, descansan hacia el cen-

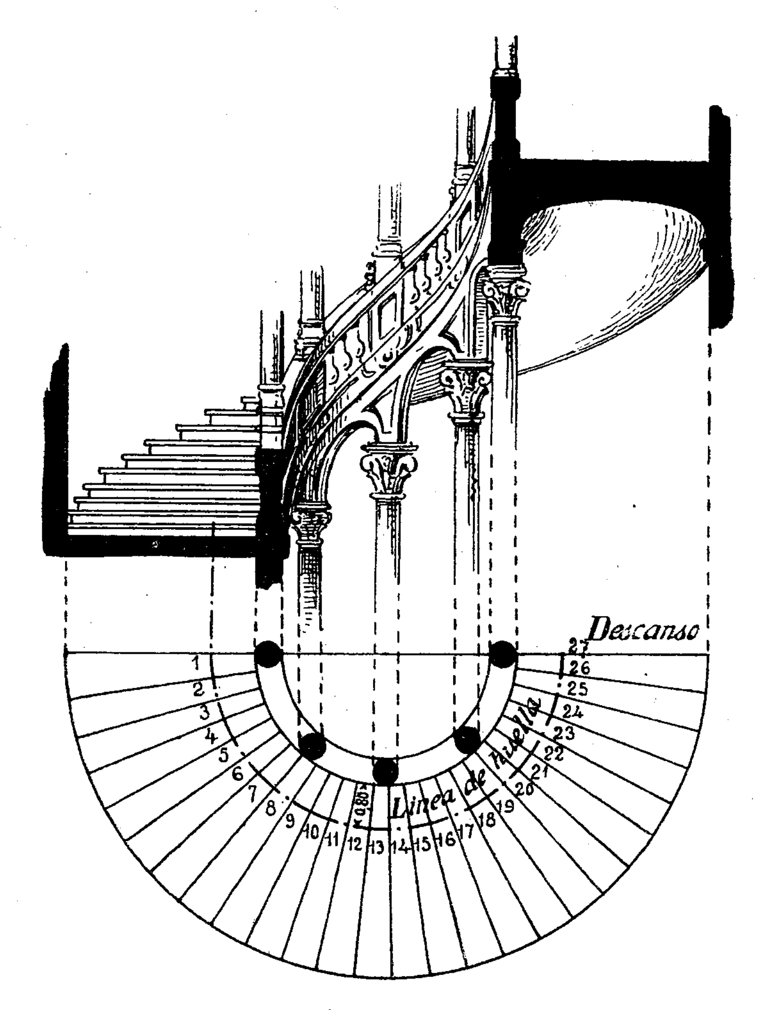


Fig. 381.—Escalera de caracol con ojo.

tro los unos en los otros y por la reunión de sus extremidades pueden formar una especie de zanca (figs. 379 y 380).

Cuando estas escaleras son de mayores proporciones, se establece una bóveda helicoidal, volteada sobre el muro de caja y sobre arcos por tranquil que descansan en columnas, como se ve en la figura 381.

Escaleras múltiples.—La forma circular, como también otras, permite el establecimiento de varias escaleras distintas en una misma caja y que puedan, cuando sea necesario, ser independientes entre sí. Pero, para que sea posible construir escaleras de esta clase

de varias vueltas superpuestas, es indispensable que los pisos tengan una gran altura. Así, por ejemplo, un piso servido por dos escaleras

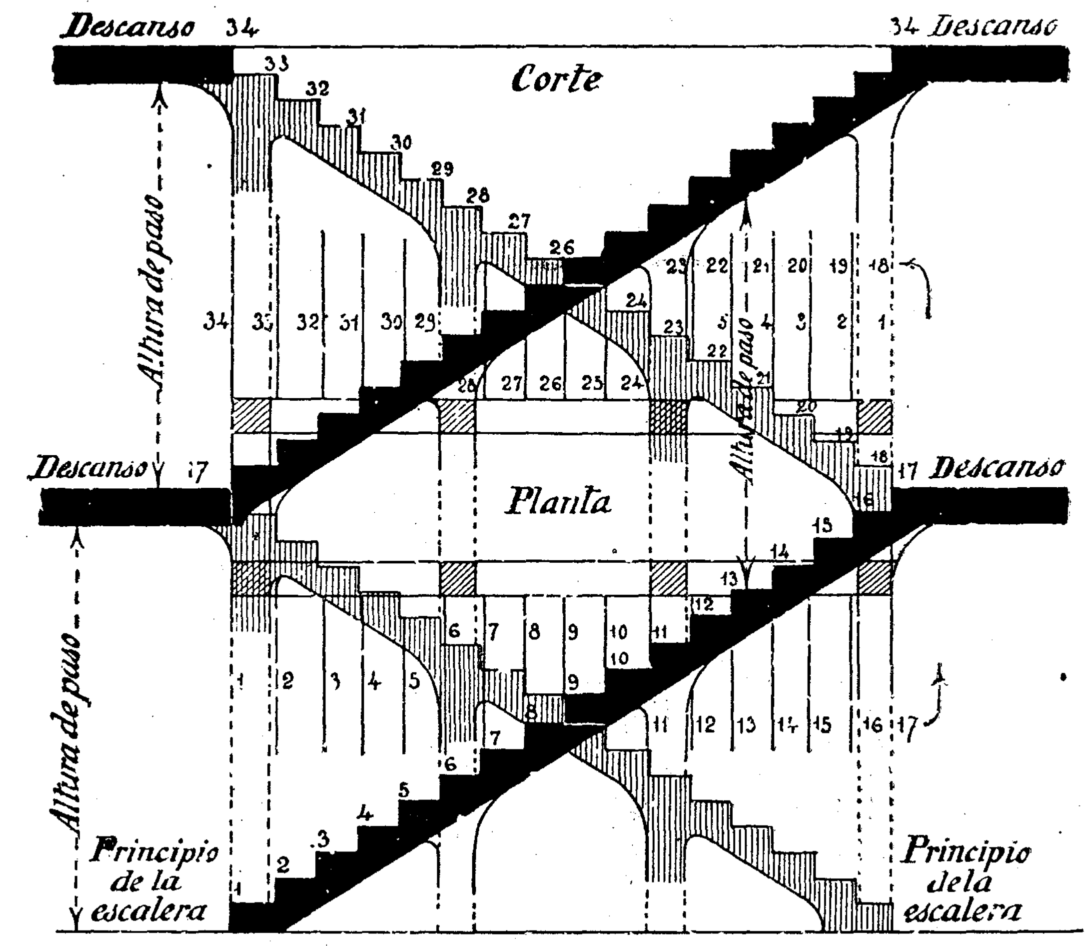


Fig. 382.—Escalera doble.

(figura 382) deberá tener, si se toman 2,60 m como altura de paso: $2 \times 2{,}60$ m $= 5{,}20$ m y si se agregan 0,30 (espesor máximo del descanso) resultan 5,50 m.

Escaleras de tramos en vuelta entre muros.—La escalera recta y la de caracol combinadas, dan lugar a la escalera de tramos en vuelta, que es una escalera recta que, en un sitio determinado, empieza a compensar los peldaños, es decir, a darles forma radial para, después de media circunferencia, volver a ser recta y paralela a la primera parte (fig. 383).

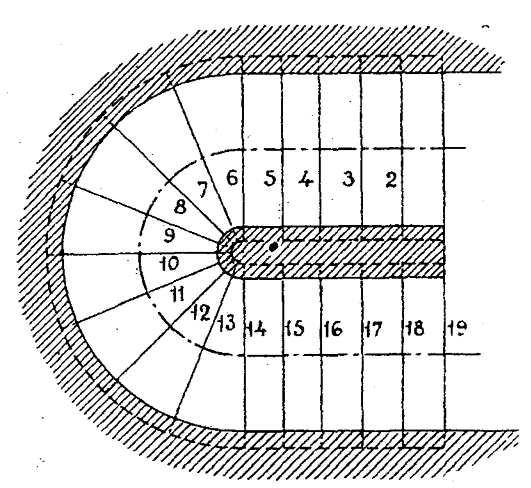


Fig. 383.—Escalera entre muros.

Escalera de tramos en vuelta con ojo.—Son iguales que las precedentes, con la diferencia de que está suprimido el muro central. En este caso deben aparejarse los peldaños, es decir, deben tener la sección que damos en la figura 384.

En el capítulo XI, al tratar de *Generalidades sobre las escaleras,* estudiaremos las diferentes formas comunes a todas las

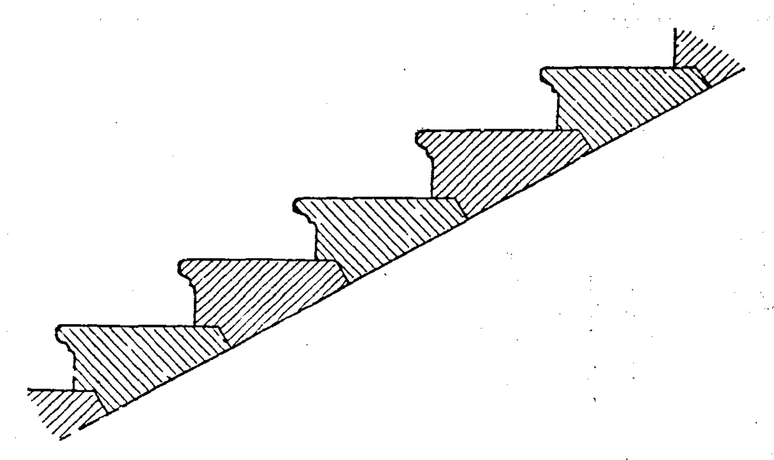
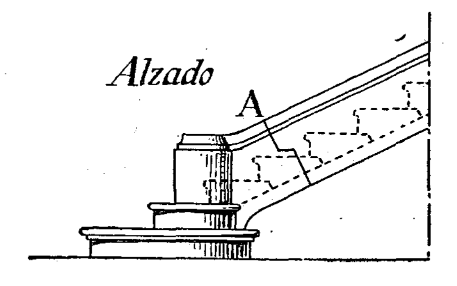


Fig. 384.—Aparejo de una escalera de piedra.

escaleras, de cualquier material que sean, faltando sólo examinar ciertos detalles de construcción peculiares del empleo de la piedra.

Arranque, pilastras, zanjas.—En todas las escaleras en general el primero y a veces el segundo peldaño son de piedra.

La zanca, en su arranque, se apoya en el primer peldaño, en el que penetra ligeramente, se introduce en la porción vertical del segundo y se apoya en su parte horizontal. Este principio de las zancas forma a menudo núcleo (figuras 385 y 386), y se continúa en cierta longitud hasta la ensambladura con la parte recta de la zanca en *A*. Mucho más económicas son las zancas metálicas, revestidas con una camisa de estuco.

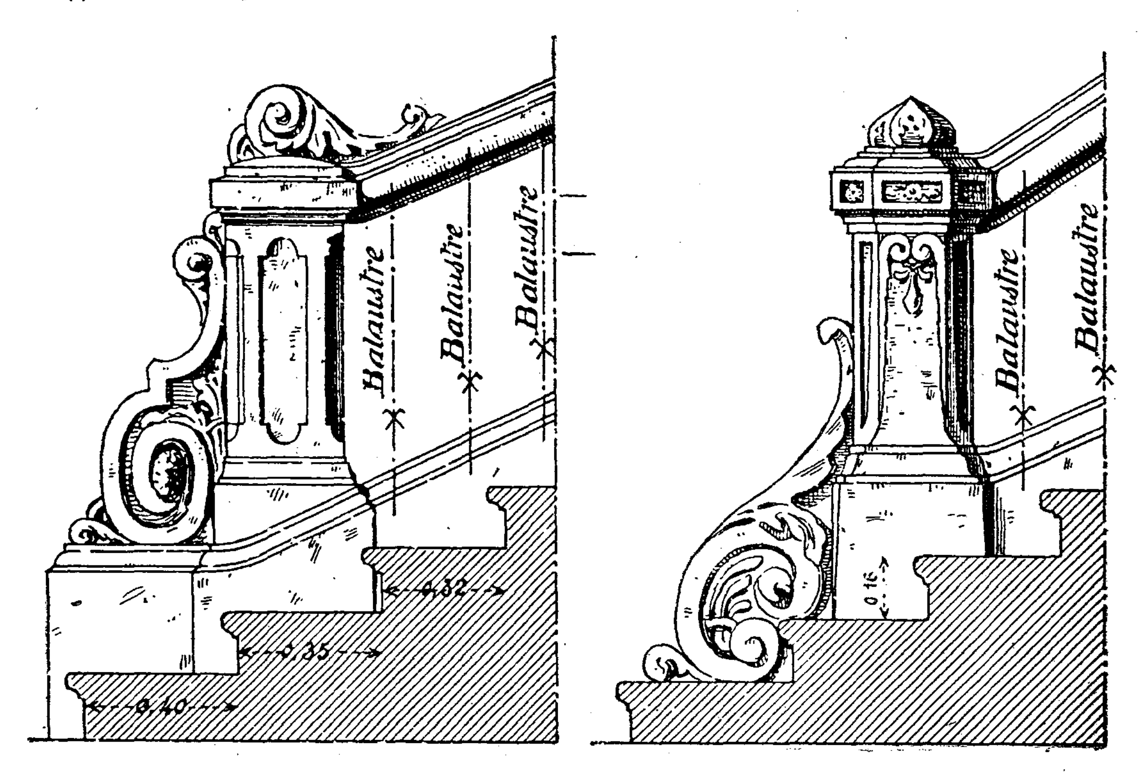


Figs. 385 y 386.
Arranque de escalera.

Las pilastras de arranque son uno de los principales motivos de decoración interior. Su riqueza ha de estar en armonía con la barandilla o balaustrada, indican bien el arranque y son de buen efecto. Damos ejemplos en las figuras 387 y 388.

Descansos.—Cuando las dimensiones de la caja están muy restringidas y se dispone de piedras de grandes dimensiones, puede hacerse el descanso de una sola pieza y entonces se labra de modo conveniente para recibir el principio y el fin de las zancas. Pero es raro que esto suceda y

es necesario construir descansos y zancas por medio de arcos y de fracciones de bóvedas, como se ha dicho en la página 125 (véanse las figuras 372 y 373). Aparte de lo ya indicado en la página 126 al



Figs. 387 y 388.—Pilastras de arranque para escaleras de piedra.

hablar de las escaleras de caracol, volveremos a tratar este punto en el capítulo XI, al estudiar las *Generalidades sobre las escaleras,* donde indicaremos las dimensiones que se acostumbra dar a los descansillos, según los casos, para que resulte más cómoda la subida por la escalera.

CAPÍTULO III

Obras de pavimentación

Solados de revestimiento.—Solado cerámico.—Losetas de asfalto comprimido.—Solado de linoleum.—Entarugados en general.—Entarugados de fibras oblicuas.—Empedrado de morrillos.
Adoquinados.—Tamaños de adoquines: adoquín grande para calles, ordinario y pequeño.—Calidad de los adoquines.—Construcción de los adoquinados.—Bordillos de las aceras.
Pavimentos de ladrillo para calles.
Revestimientos de azulejos: fabricación, esmaltes, óxidos colorantes; azulejos del comercio.
Embaldosados.—Baldosas de barro cocido.—Embaldosados de ladrillo.—Baldosas Coignet.—Baldosas de piedra y de mármol.—Baldosas de cemento comprimido.—Embaldosados cerámicos.—Pavimentos de mosaico.
Pavimentos diversos.—Pavimentos de asfalto fundido.—Pavimentos de asfalto comprimido.—Pavimentos de cemento.—Pavimentos de piedra.

SOLADOS DE REVESTIMIENTO

Solado cerámico.—Este solado tiene su aplicación en los patios, cuadras, salas, aceras, puertas cocheras, terrazas, talleres, escuelas, estaciones, etc. Se forma con pequeñas baldosas, cuyas dimensiones varían de 14 a 16,5 cm o más de lado, que son lisas, abocardadas, rayadas, estriadas, chaflanadas o cuadriculadas, y presentan las formas que representamos en las figuras 389 a 400. Estas pequeñas baldosas tienen unos 3,5 cm de espesor y deben colocarse a baño de cemento portland, sobre un firme de hormigón de 20 cm, por lo menos.

En la figura 401 damos un ejemplo de aplicación de estos solados a una puerta cochera.

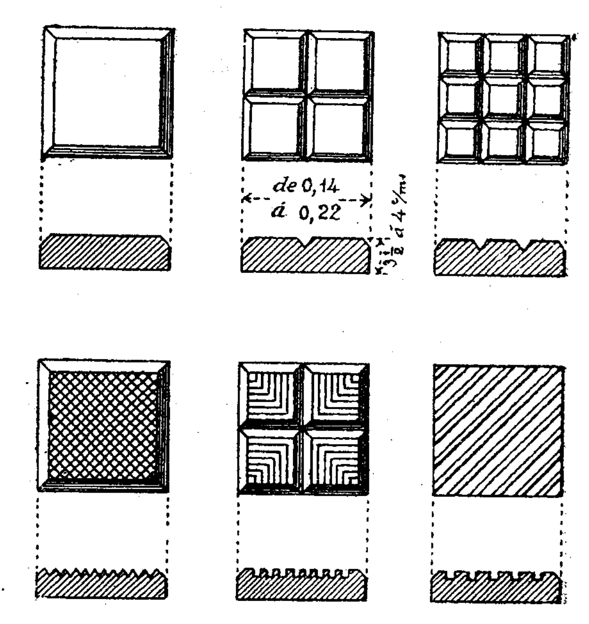


Fig. 389 a 400.—Baldosas.

Losetas de asfalto comprimido.—Se fabrican losetas de asfalto, comprimido a una presión de 600 Kg por centímetro cuadrado.

Si se considera que la compresión del asfalto, comprimido en el sitio de su colocación, por medio del pisón de mano, está muy lejos

de llegar a los 80 Kg por cm², se comprenderá cuán grande es la diferencia de dureza e impermeabilidad que debe proporcionar la compresión mecánica.

Fig. 401.—Entrada de puerta cochera embaldosada.

Las losetas de asfalto comprimido tienen dos distintos tamaños: 10 × 20 cm o 14 × 14 cm. Son lisas y chaflanadas en los bordes; los espesores varían entre 2,5 y 5 cm.

Las losetas de 10 × 20 × 5 cm lisas se aplican especialmente para calles; las de 10 × 20 × 4 cm, para patios de casas y pasillos de puertas cocheras.

En las cuadras se emplean las de 10 × 20 × 3 cm chaflanadas; las de 14 × 14 lisas, de un espesor de 2,5 a 3 cm, sirven para enlosados de aceras, talleres, etc.; por último las de 14 × 14 × 2,5 a 3 cm chaflanadas, tienen su aplicación en los vestíbulos, comedores, cuartos de baño, salas de billar, etc.

La materia que se emplea para la fabricación es una caliza bituminosa, que contiene un 12 °/₀ de betún o asfalto.

Esta caliza bituminosa, finamente triturada, se lleva primero a una temperatura de unos 120° para quitarle la humedad y eliminar, al mismo tiempo, los aceites ligeros que se encuentran en el betún de impregnación. El polvo preparado de esta manera se pone en moldes y se comprime de la manera dicha.

Las losetas se colocan siempre sobre un lecho de hormigón (de cemento, preferentemente) de espesor apropiado a su destino, interponiendo entre el hormigón y las losetas una capa de mortero fresco (de cemento o de cal hidráulica, según el uso que se vaya a hacer del solado). El espesor, de este lecho de mortero, es de un centímetro.

Las losetas deben estar perfectamente yuxtapuestas y no dejar ningún espacio entre sí.

Las de 10 × 20 cm se colocan con las juntas alternadas, disposición parecida a la de algunos entarimados que indicaremos en el capítulo X: *Carpintería de taller y herrajes*.

El corte, que puede ser necesario cuando el ancho de la superficie que hay que solar no es un múltiplo exacto de las dimensiones de las losetas, se hace fácilmente: se empieza por hacer sobre la loseta que se quiere cortar una entalladura con el cincel, de unos 2 cm de profundidad, y luego basta un golpe, un poco fuerte, para obtener una separación bien limpia.

Después de terminada la colocación, se rellenan los intersticios echando una lechada de cemento o de cal hidráulica, que se corre con una escoba para asegurar el relleno. Antes que termine el fraguado, se lava con agua para quitar el exceso de cemento o de cal.

Un enlosador y su ayudante pueden colocar, por lo menos, un metro cuadrado de enlosado por hora.

Solado de linoleum.—Para los mismos usos ya mencionados se hacen revestimientos de linoleum de 2,5 cm de espesor, con hojas de 2,20 × 1,80 m. El peso del m^2 de este producto, llamado impropiamente solado, es de 25 Kg; su colocación se hace sobre hormigón con centeno y los ángulos se fijan por medio de tornillos y manguitos empotrados en el hormigón que forma el lecho del solado.

Entarugados en general.—El empleo de la madera no es nuevo en los revestimientos del suelo; existía en Inglaterra en 1839 y en Odesa en 1845; en Oriente se usaban, para pavimentar las calles, piezas de madera colocadas transversalmente, que se dominaron puentes. En Bucarest hemos visto, hace ya muchos años, calles pavimentadas de madera lo mismo que un tablero de un puente; la calle principal de esta ciudad tiene todavía el nombre de Podù Mogoschoae, y *podù* significa puente.

Esta disposición no es recomendable; las maderas que se emplean así se deterioran muy rápidamente y los ángulos no resisten el paso de caballos y vehículos.

El entarugado debe hacerse disponiendo la madera con las fibras verticales, porque así no es posible que se hiendan los adoquines, pues están sostenidos los unos por los otros.

El entarugado se hace de diferentes modos. En los *Estados Unidos,* lo hemos visto hacer de la manera siguiente: sobre una capa de arena enrasada se coloca un piso de tablas; después se colocan

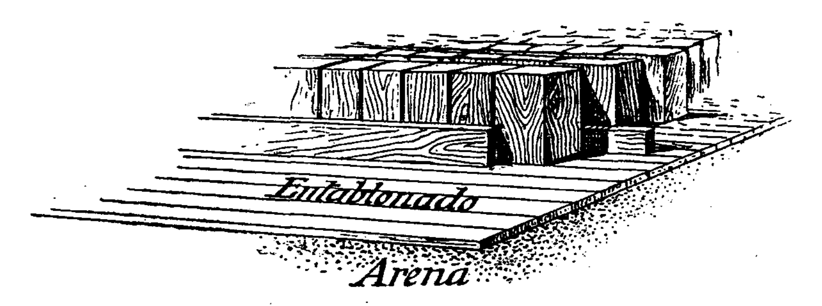


Fig. 402.—Entarugado de una calle (método americano).

cubos de madera, previamente alquitranados por inmersión hasta la mitad de su altura aproximadamente. Estos adoquines de madera se separan entre sí por un listón también alquitranado y que, por medio de un clavo, mantiene a los adoquines separados unos 5 mm para permitirles hincharse sin que se eleven. Después se enarena y alquitrana el conjunto (fig. 402).

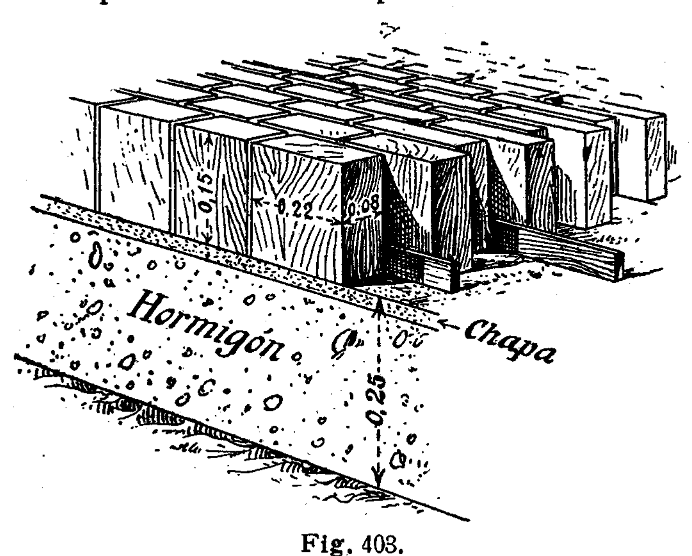


Fig. 403.
Entarugado de una calle (sistema de París).

En *París,* el entarugado se hace con tarugos de madera de 8 × 22 cm y 15 cm de altura, separados entre sí por un listón y el conjunto se alquitrana por completo. Estos adoquines insisten sobre un lecho de hormigón de 20 a 30 cm, cubierto con una capa de mortero de cemento bien enrasado. Las juntas se rellenan después con mortero y sobre la superficie del pavimento se echa arena, que penetra en la madera y aumenta su dureza (fig. 403).

En los patios y pasajes, donde el tránsito es menor, se emplean tarugos de 6 a 8 cm de altura colocados sobre una tongada de hormigón de unos 10 cm de espesor (fig. 404). Se colocan los adoquines lo mismo que en el caso precedente.

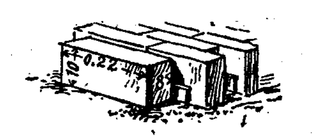


Fig. 404.
Entarugado de patios.

En *Londres,* se emplean tarugos de 16 cm de altura por 20 a 25 de largo y 10 cm de ancho; se colocan sobre una capa de arena de 20 cm de espesor, la que a su vez se apoya en una doble fila de tablas alquitranadas que se juntan por recubrimiento. Cada fila de adoquines está separada de la contigua por una ranura de 2 cm de ancho. Después que están bien colocados los tarugos se echa asfalto en las juntas y se cubre por com-

pleto la superficie pavimentada con una capa de arena del espesor de un guisante.

Entarugados de fibras oblicuas.—Los tarugos se obtienen aserrando piezas de madera de 11 cm de ancho y 7,5 cm de espesor según líneas que distan 7 cm y están inclinadas 60° 15′ ó 119° 45′ con los bordes de las piezas. El hilo de la madera queda de este modo paralelo a las caras inclinadas y los cortes de sierra determinan las caras superior e inferior de los tarugos.

Estos tarugos se unen entre sí por clavijas de forma tal que entrecruzándolos, cuando se ensamblan por tableros, dejan un juego de 2 mm entre los bordes de dos tarugos consecutivos.

Las clavijas se hacen de fresno, encina, carpe o acacia. Tienen 5,5 cm de largo, 12 mm de diámetro y sus extremos terminados en troncos de cono.

En cada fila de tarugos, la inclinación es inversa de la que precede, de modo que, en la superficie del pavimento, la junta cae en el centro del tarugo precedente.

Las piezas se ensamblan para formar tableros de un metro cuadrado, aproximadamente, y se yuxtaponen estos tableros para formar el pavimento.

Para preparar el terreno, se hace una tongada de hormigón, y sobre esta superficie, perfectamente enrasada, se extiende una capa de arena perfectamente seca de 1 a 2 cm de espesor. Sobre esta arena se coloca luego el entarugado, el que después de colocado se impregna con una capa de alquitrán de hulla.

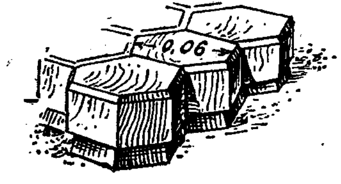
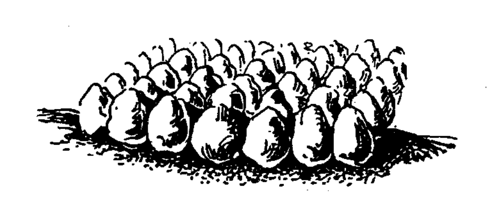


Fig. 405.

Nos falta hablar de los tarugos exagonales chaflanados y con cola (fig. 405) que tienen unos 6 cm de diámetro inscrito y se colocan casi siempre a baño flotante de betún sobre lecho de hormigón.

Empedrado de morrillos.—Estos empedrados de cantos rodados se emplean todavía en todas partes, pero constituyen el pavimento más desagradable al peatón bien calzado. Para impedir que los morrillos se hundan en el suelo, se coloca la parte más ancha hacia abajo, con lo que se obtiene una superficie erizada de puntas, cuyos intersticios se rellenan con arena o con mortero, según las costumbres de la localidad (fig. 406). Para 10 m² de pavimento de 21 cm de espesor, se necesitan 2 m³ de morrillos. Para un espesor de 13 a 16 m hacen falta 1,60 m³.


Fig. 406.—Empedrado de morrillos.

ADOQUINADOS

El adoquinado se hace de granito, pórfido, pizarra, lava, etc., según las localidades.

Para que un adoquinado sea resistente y pueda cumplir el papel de revestimiento sólido que tiene que desempeñar, es necesario que la superficie en que se apoya sea también resistente. Si el adoquinado ha de colocarse sobre un sitio terraplenado, hay que comenzar por inundarlo para que asiente, volver a echar tierra después, apisonarla con cuidado y luego extender una capa de arena.

Fijado el sitio donde se va a adoquinar, hay que preocuparse del lugar adonde se van a conducir las aguas, dando para ello una inclinación que no debe ser inferior a 15 mm por metro.

En un adoquinado bien hecho, las partes más altas están junto a los edificios para evitar en lo posible las filtraciones de agua en las cimentaciones, y las regueras deben recoger las aguas para conducirlas al punto designado.

Tamaños de adoquines.—Los adoquines son cubos de dimensión variable entre 16 y 25 cm o paralelepípedos rectángulos, que proceden de partir en dos los adoquines grandes.

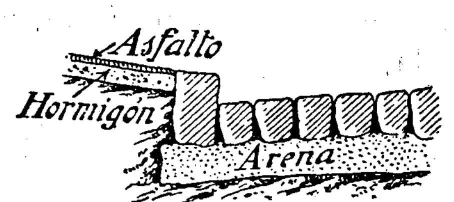
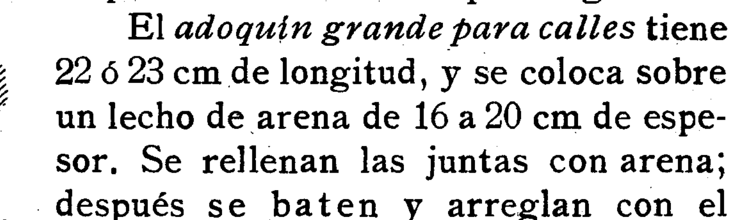
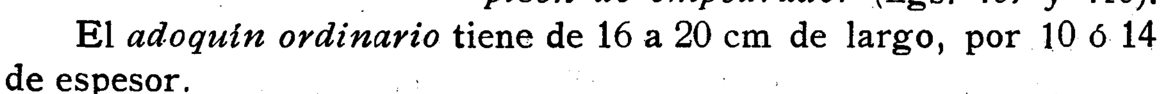


Fig. 407.—Corte de un adoquinado.



El *adoquín grande para calles* tiene 22 ó 23 cm de longitud, y se coloca sobre un lecho de arena de 16 a 20 cm de espesor. Se rellenan las juntas con arena; después se baten y arreglan con el *pisón de empedrador* (figs. 407 y 410).

El *adoquín ordinario* tiene de 16 a 20 cm de largo, por 10 ó 14 de espesor.



El *adoquín pequeño* resulta de partir en dos el grande.

Calidad de los adoquines.—Su dureza está en relación directa de su densidad; los más duros pesan en seco 2544 Kg por metro cuadrado de volumen macizo y los más blandos 2290 Kg.

La cantidad de agua absorbida por el adoquín parece ser un índice todavía mejor que la densidad; esta cantidad de agua acostumbra a estar en razón inversa de su dureza. Después de 24 horas de inmersión, los adoquines de arenisca dura no han absorbido más que $^1/_{570}$ de su volumen de agua, mientras que los adoquines de areniscas friables han absorbido $^1/_{20}$ de su volumen de agua.

Pero como mejor y más seguramente se distingue la calidad de los adoquines es por el sonido que dan, al golpearlos con el martillo. Un sonido sordo y apagado es indicio de un adoquín blando y esponjoso, mientras que un sonido claro y limpio es el de un adoquín duro.

El golpe del martillo tiene además la ventaja de dar a conocer los adoquines defectuosos, como son los que tienen oquedades o grietas.

Construcción de los adoquinados.—Se llama *caja* la excavación que recibe el *lecho* de arena, sobre el cual se establece el adoquinado. El espesor del lecho puede variar entre 10 y 20 cm. Además de la propiedad de ser elástica, la arena es incompresible cuando se amontona y moja. Estas dos cualidades le permiten repartir el peso que soporta un adoquín sobre una parte de la caja, mucho más extensa que la base inferior del adoquín mismo. La carga queda así repartida sobre una gran superficie del suelo, de un modo uniforme.

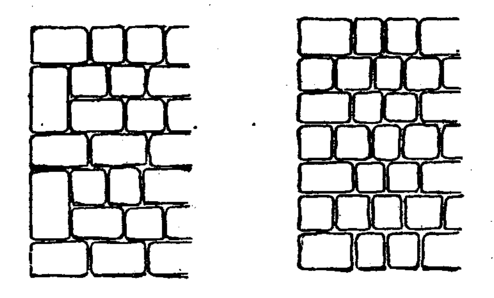
La trabazón de los adoquines también se hace con arena que se introduce en las juntas, durante la colocación. Todos los adoquines resultan, pues, solidarios e incluso la arena puede tomar, sólo por el efecto de la trepidación que le imprimen los vehículos, una nueva posición de equilibrio cuando un adoquín ha sido movido de su posición primitiva. De esto resulta que un adoquín no deja nunca de apoyarse, en todos los puntos, sobre los que le rodean. La arena siliciosa, exenta de tierra, es el único material que posee esta continua movilidad que le permite tomar, a cada instante, la forma de las rugosidades de los adoquines entre los cuales se encuentra.

Para que la calidad de la arena no se altere, es esencial que se le quite la tierra, y debe pasar por una malla de 5 mm, a fin de separar la gravilla y otras partes demasiado gruesas. La arena debe ser seca, granulosa, áspera al tacto y crujir en la mano, a la que no debe agarrarse. Los granos más gruesos no deben pasar de 3 a 4 mm, y los más pequeños no deben tener menos de 1 mm, porque se reducirían a fango.

Al adoquinado se le da en general un bombeo cuya flecha es igual a $^1/_{50}$ del ancho de la calzada.

Extendida la arena y preparada convenientemente la caja, se empieza por colocar las *maestras,* que son las que constituyen los extremos de las filas. Cordones colocados transversalmente sirven para hacer este trabajo.

También se puede comenzar colocando las *cintas,* que son adoquines del mismo ancho e igual altura que los otros, pero de 36 a 45 cm de largo; ordinariamente, se cuentan como adoquín y medio. Las maestras se colocan alternativamente perpendiculares y paralelas al eje de la vía. Es menester antes de colocarlas nivelar bien, después se afirman con el martillo y se rellenan las juntas con arena seca (figs. 408 y 409).



Figs. 408 y 409.—Maestras y cintas.

Después se colocan los adoquines de manera que formen filas

rectas y perpendiculares al eje de la calzada. Los adoquines se colocan con las juntas alternadas y 3 cm por encima de la rasante, de modo que se puedan dejar a la altura exacta por medio del pisón.

La arena mojada se echa después en la junta, valiéndose de la fija, hasta que no admita más. Hecha esta operación, el obrero apisonador, provisto de un pisón (fig. 410) de 30 Kg de peso, lo deja caer de una altura lo menos de 40 cm, golpea la cabeza de cada adoquín para comprimir lo más posible la arena de las juntas y la que queda debajo de los adoquines.

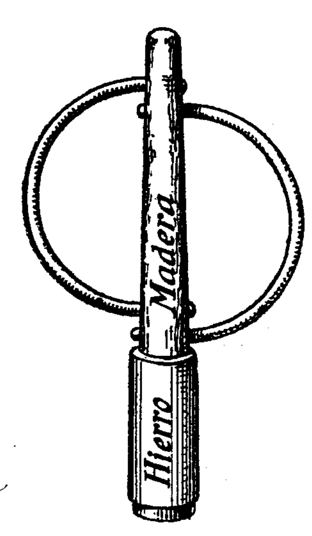
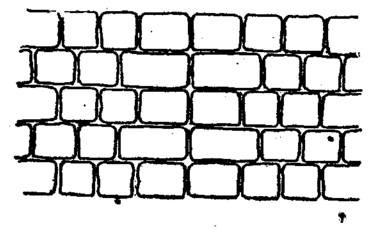
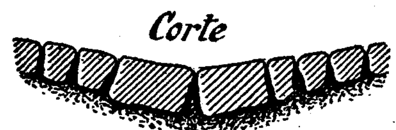


Fig. 410.
Pisón de empedrador.

Para hacer los *badenes* se pueden emplear adoquines maestros de longitud igual a un adoquín y medio y a dos adoquines, alternativamente, para formar la trabazón (figs. 411 y 412).

Bordillos de las aceras.—Se hacen de caliza silícea de 35 a 40 cm de altura, 22 cm de ancho en la coronación, 25 cm en la base y lo menos 50 cm de longitud. Los paramentos vistos de estas piezas deben estar bien labrados, y la arista de los mismos debe redondearse.

Estos encintados se colocan sobre una capa de mortero de cal hidráulica de 4 cm de espesor, que se apoya en un lecho de hormigón, o bien en uno de arena de 10 a 15 cm de espesor bien regada y apisonada. Se colocan al tope, con juntas de 1 cm de espesor como máximo, y deben presentar un ancho uniforme. Inmediatamente después de la colocación se efectúa el recorrido y el rejuntado para que las caras vistas no presenten ninguna aspereza, oquedad ni inflexión alguna.

Figs. 411 y 412.—Badén.

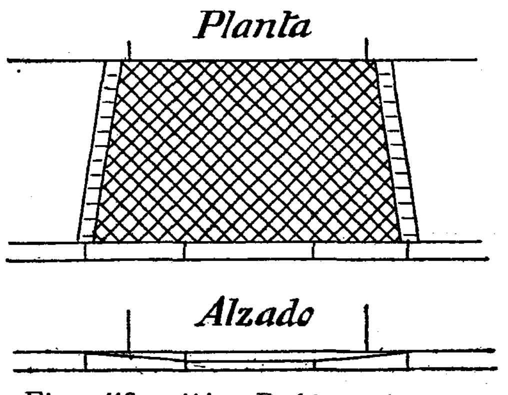
Los bordillos de acera de granito tienen ordinariamente 30 cm de ancho en su parte superior con pendiente total transversal de 1 cm y 32 cm de ancho en su base; la altura es de 30 cm. El paramento visto presenta un talud de 3 cm.

La altura de los bordillos sobre el adoquinado es de 15 a 17 cm. En los sitios correspondientes a las puertas cocheras, se da un pandeo a la línea de los bordillos para facilitar el acceso de los vehículos. Esta depresión que se da a la acera constituye también un badén (figs. 413 y 414).

Cuando se quiere recoger el agua junto a la misma acera, se practica en el bordillo de granito una caja hasta la mitad del espesor del mismo. La altura comprendida entre la coronación del bordillo y la caja debe ser por lo menos de 8 cm (fig. 415). A la abertura de

esta caja se le da una altura de 9 cm, de modo que la arista superior del bordillo está situada a 17 cm por encima del adoquinado de la calzada, que es una altura conveniente.

Esta clase de bordillos no convienen para los badenes que se hacen delante de las puertas cocheras, y entonces se hace uso de canalones de fundición que unen los bordillos cruzados. Este procedimiento es también defectuoso, y aconsejamos emplear un medio que nos ha dado resultado: cuando no se trata de un caño de dimensiones muy grandes y es posible el desatranco en caso de obstrucción, se puede construir un caño irrompible compuesto de dos hierros en **U**, de un palastro ordinario y otro estriado. Se colocan en él algunas orejas para empotrarlo y darle inmovilidad.



Figs. 413 y 414. — Badén en la acera, frente a una puerta cochera.

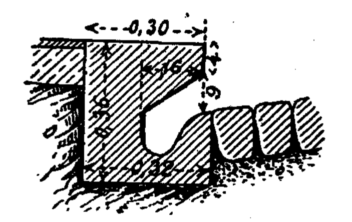
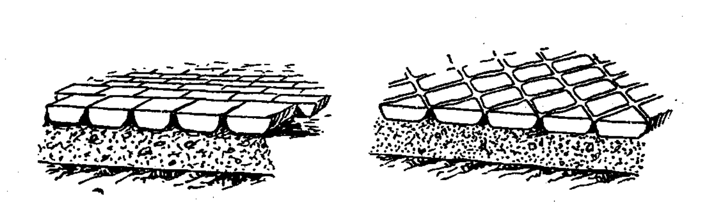
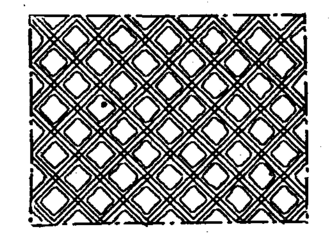


Fig. 415.—Bordillo con caja.

Las aceras, pasajes, patios, etc., se hacen con adoquines llamados *pequeños*, que tienen ordinariamente sólo la mitad del espesor de los *adoquines grandes* que se emplean en las calles. Se colocan sobre un baño de mortero de 3 cm de espesor. Esta capa de mortero descansa sobre otra de hormigón, cuyo espesor varía de 10 a 15 cm, o sobre un lecho de gravilla bien apisonada y regada con una lechada de cal hidráulica, o también sobre una sencilla capa de arena apisonada y regada. Las juntas de los adoquines se toman con mortero de cal hidráulica.

Figs. 416, 417 y 418.—Adoquinados de patios.

Estos adoquinados, destinados a sostener pequeñas cargas y vehículos relativamente ligeros, se disponen ortogonalmente (figura 416) o diagonalmente (fig. 417).

El rejuntado se hace con la regla y el hierro (fig. 418) o sólo con la llana.

PAVIMENTOS DE LADRILLO PARA CALLES

Forman un verdadero muro horizontal que puede ejecutarse con ladrillos y mortero, sobre un lecho de arena o un lecho de hormigón. El aparejo puede ser del tipo de los que se indican en las figuras 427 a 430, que se verán después.

CANTIDADES DE ADOQUINES, O DE LADRILLOS, Y DE MORTERO NECESARIAS POR METRO CUADRADO

MATERIAL	DIMENSIONES cm	Número	Arena m^3	Mortero para las juntas m^3
Adoquín	23 × 23 × 23	17	0,01	0,03
»	23 × 23 × 18	24	0,01	0,04
»	19 × 19 × 9	20	0,01	0,04
»	18 × 18 × 10	24	0,01	0,04
»	16 × 16 × 16	37	0,01	0,06
»	14 × 14 × 8	49	0,01	0,06
Ladrillo de plano.	22 × 11 × 5,4	38	—	0,01 } sin contar el gasto en la superficie de asiento.
» a sardinel.	22 × 11 × 5,4	72	—	0,03 }
» atizonado.	22 × 11 × 5,4	143	—	0,05 }

REVESTIMIENTOS DE AZULEJOS

La fabricación del barro cocido esmaltado no es precisamente una industria nueva, pues hace unos cuarenta siglos los grandes imperios de Asia tenían sus ciudades cubiertas de construcciones en las que los más ricos esmaltes centelleaban al sol.

Dos elementos entran en la fabricación de estos revestimientos: la pieza de barro cocido propiamente dicha y el esmalte.

En general, se conocen por barros cocidos todas las tierras arcillosas modeladas o moldeadas y sometidas a una alta temperatura. Las tierras empleadas varían mucho con las localidades y cada yacimiento da, naturalmente, tierras cuyas propiedades de finura y de endurecimiento comunican a los productos obtenidos buenas o malas cualidades.

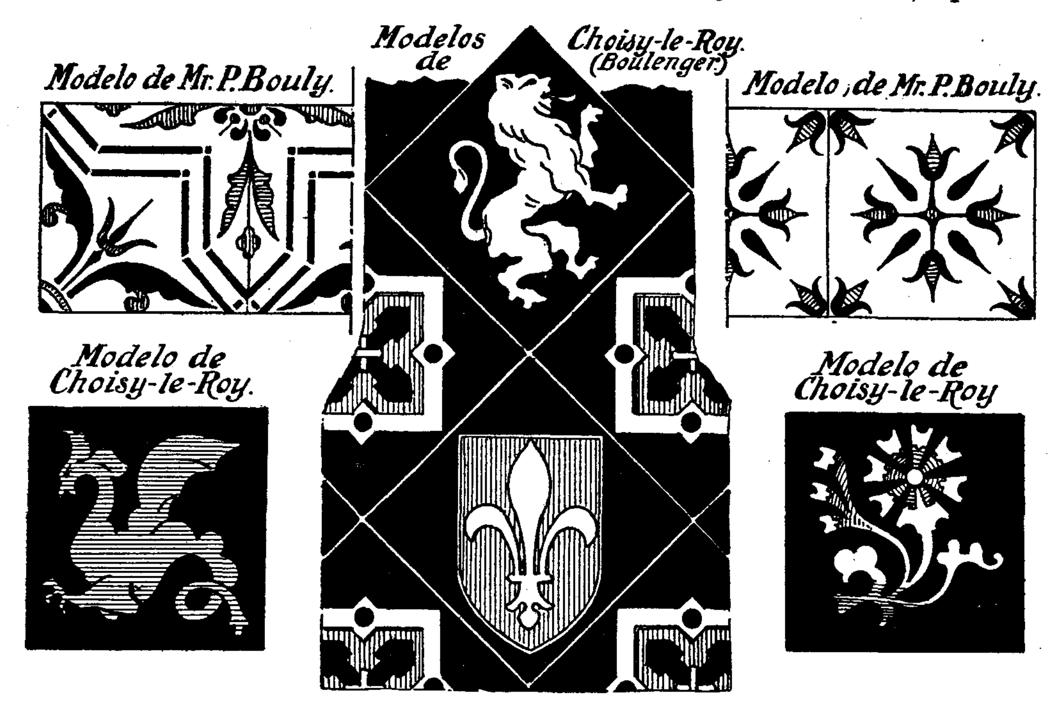
Los esmaltes están compuestos de substancias metálicas; las coloraciones se obtienen por la adición de diversos óxidos, también metálicos.

El esmalte es una substancia vítrea, una especie de polvo muy fino, cristalino y metálico, que diluído en el agua forma una pasta que se extiende como una pintura sobre los objetos que se quieren

esmaltar y cuya fusión se obtiene sometiendo los objetos así preparados a una alta temperatura.

El esmalte destinado a las baldosas de cocina puede obtenerse agregando a vidrio machacado una mezcla de los óxidos de plomo y de estaño (unas 88 partes de plomo y 12 de estaño).

Los principales óxidos metálicos que se emplean para colorear los esmaltes son: el de cobalto calcinado y pulverizado, que da el



Figs. 419 a 423.—Azulejos.

azul zafiro; el deutóxido de cobre, que da el *azul celeste;* el protóxido de cobre, que da el *rojo púrpura;* el óxido de cromo proporciona el *verde;* con el óxido de uranio se obtiene el *amarillo canario;* el *violeta* lo da el óxido de manganeso y, por último, con el cloruro de plata se hace el *amarillo*.

En las figuras 419 a 423 damos algunas muestras de esta clase de revestimientos. Las dimensiones deben ser siempre relativamente

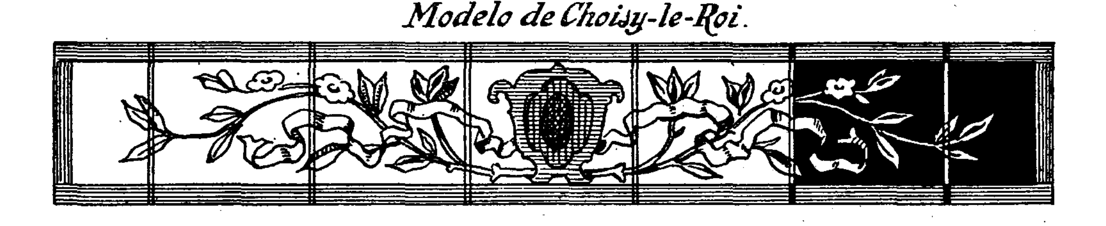


Fig. 424.—Cuarterón de azulejos.

restringidas y el dibujo debe estudiarse para que pueda fraccionarse con elementos pequeños, puesto que así la cocción es más fácil y el número de piezas perdidas, o de segunda o tercera calidad, es menor.

Los azulejos bien hechos deben presentar del lado opuesto al esmalte, el mayor número posible de asperezas para que el yeso o el mortero agarre bien y proporcione un buen empotramiento.

También se hacen revestimientos parciales propios para adornar la parte superior de las ventanas (fig. 424).

En las cocinas, los azulejos que se emplean varían de 10 × 10 hasta 40 × 60 cm, y el encuadrado se hace a menudo con unas cantoneras de hierro o de cobre empotradas.

Por metro superficial se necesitan:

400 azulejos	. . . .	de 5 × 5 cm
157 »	. . . .	» 8 × 8 »
100 »	. . . .	» 10 × 10 »
70 »	. . . .	» 12 × 12 »
45 »	. . . .	» 15 × 15 »
40 »	. . . .	» 16 × 16 »
34 »	. . . .	» 17 × 17 »
28 »	. . . .	» 19 × 19 »
25 »	. . . .	» 20 × 20 »

EMBALDOSADOS

Aunque en el capítulo *Materiales de construcción* nos ocuparemos de las distintas baldosas que se emplean para solar las habitaciones, examinaremos aquí brevemente cada clase.

Fig. 425. Baldosa exagonal.

Baldosas de barro cocido.—Las baldosas más empleadas son exagonales de 16 a 17 cm de diámetro inscrito, y de 20 a 27 mm de espesor. Las dimensiones varían de 16 a 22 cm de diámetro inscrito (fig. 425).

Por metro cuadrado hacen falta:

46 baldosas exagonales	. . . .	de 15 a 16 cm
42 » »	. . . .	» 16 a 17 »
25 » »	. . . .	» 22 »
46 baldosas cuadradas	. . . .	» 15 a 16 »
25 » »	. . . .	» 20 »
21 » »	. . . .	» 22 »

La tierra para las baldosas de buena calidad debe ser fina, homogénea y exenta principalmente de fragmentos calizos cocidos que, lo mismo que en los ladrillos, se entumecen cuando se mojan y hacen estallar la baldosa. La figura 426 representa un embaldosado de baldosas exagonales.

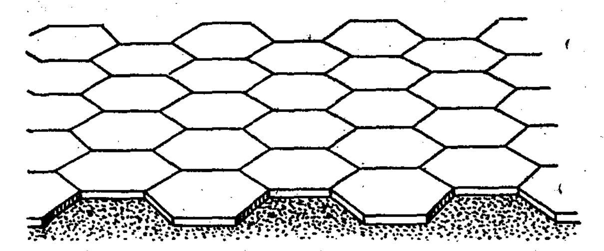
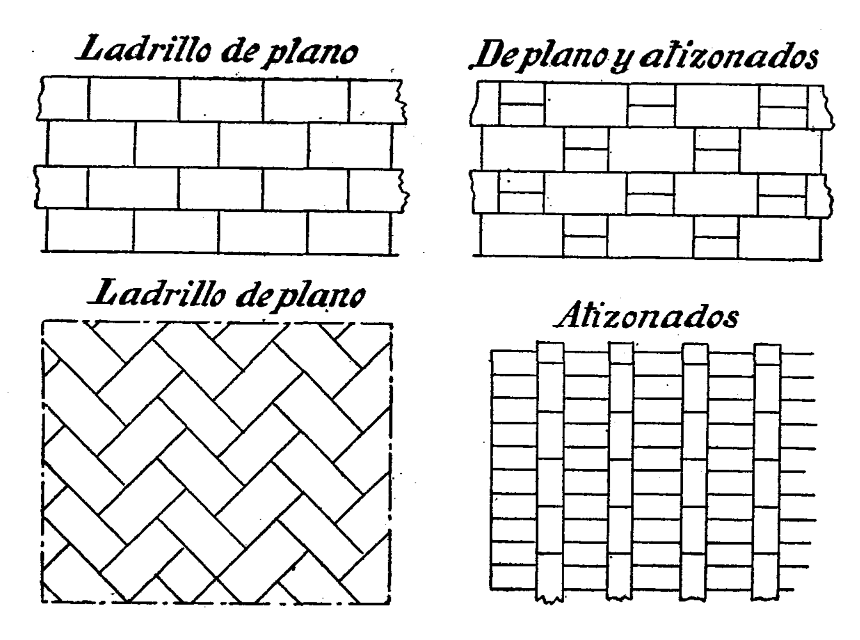


Fig. 426. Embaldosado de baldosas exagonales.

Las baldosas cuadradas se emplean mucho en los hornos y hogares de chimeneas.

Hay mucha costumbre de colocar los embaldosados a baño flotante de yeso, aunque casi siempre los sitios donde se emplean están destinados a recibir agua, o por lo menos a ser lavados a menudo.



Figs. 427 a 430.—Embaldosados de ladrillo.

Entonces, el agua absorbida por el yeso se almacena en el techo y termina por atravesarlo y formar manchas, o también pudrir las viguetas cuando son de madera.

Este grave inconveniente es bien sencillo de evitar procediendo de la manera siguiente: se extiende una capa de arena sobre el forjado y se coloca el embaldosado a baño de cemento, como si fuera de yeso.

Embaldosados de ladrillo.—Esta clase de embaldosado es conveniente para sótanos, talleres, etc.; se ejecuta haciendo primeramente un lecho de hormigón apisonado, con espesor de unos 8 a 10 cm; después, según los casos, se hace un verdadero tabique horizontal de ladrillo duro trabado con mortero de cemento y rejuntado con cemento puro.

El espesor se puede variar, con arreglo a las necesidades; generalmente basta el ladrillo de plano que da unos 5 ó 6 cm, o el medio ladrillo que da de 11 a 15 cm. Se pueden aparejar de varias maneras, como se ve en las figuras 427 a 430; también pueden emplearse ladrillo y cemento coloreado (fig. 431).

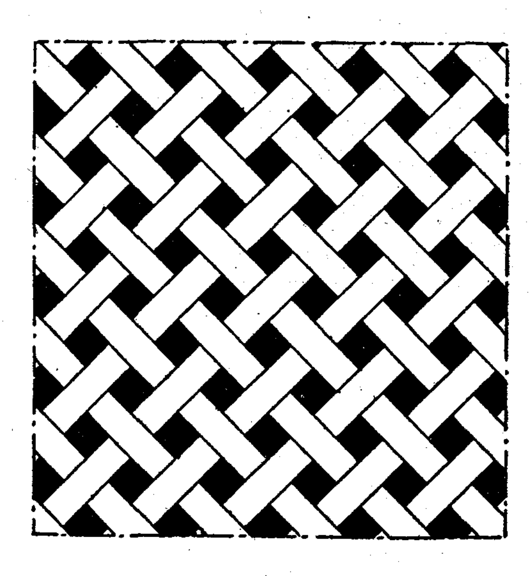
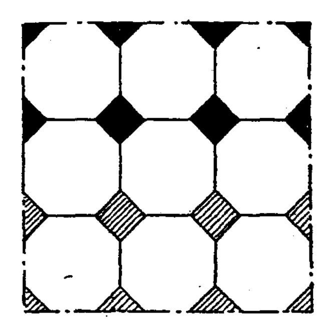
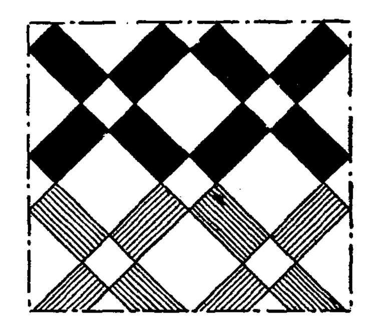
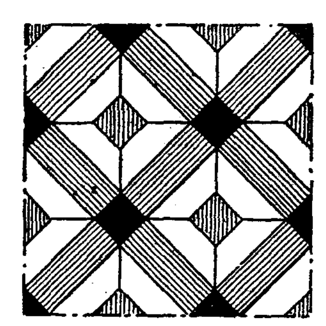


Fig. 431. — Embaldosado de ladrillo con cemento de color.

Baldosas Coignet.—Las baldosas Coignet tienen 20 × 20 cm,

son octogonales o cuadradas, lisas o con dibujos y de diferentes colores (figs. 432 a 434).

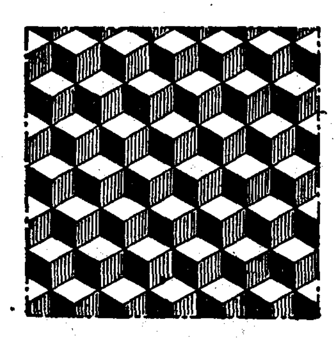
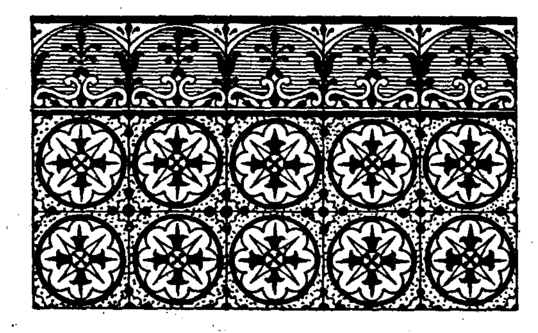
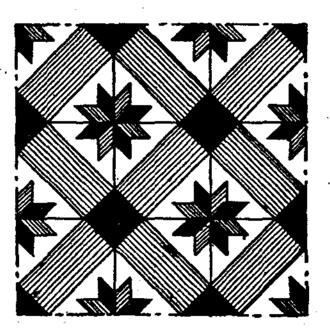
Baldosas de piedra y de mármol.—Esta clase de embaldosado ha sido empleado en todas las épocas, pero sólo en las obras de lujo.

Figs. 432 a 434.—Baldosas *Coignet*.

Baldosas de cemento comprimido.—Esta clase de embaldosado es muy decorativo a causa de sus dibujos adornados con ricos colores; ha tomado gran incremento merced a su relativa baratura. Se le llama, ordinariamente y sin razón, embaldosado de mosaico, pero ésta es sólo una designación comercial.

La fabricación de estas baldosas de cemento es muy sencilla. Se coloca un molde de acero articulado sobre un mármol metálico bien plano; en este molde se introduce una retícula de cobre cuyas diversas casillas indican los diversos colores que deberá presentar la baldosa; después el obrero, valiéndose de una cuchara dosificada, echa en cada compartimiento una pasta líquida de cemento coloreada con arreglo a las exigencias del dibujo, luego quita la retícula. Entonces echa encima de las pastas de diversos colores una cantidad de

Figs. 435, 436 y 437.—Baldosas de cemento comprimido.

cemento seco de volumen conocido, lo extiende y hace pasar el conjunto por debajo de una prensa de tornillo que tiene un brazo de palanca de 4 m dando una presión de 120 a 130 Kg por centímetro cuadrado; después se saca la baldosa del molde, se baña con agua durante una hora o dos, y por último se pone a secar en el aire, con lo cual está lista para ser empleada.

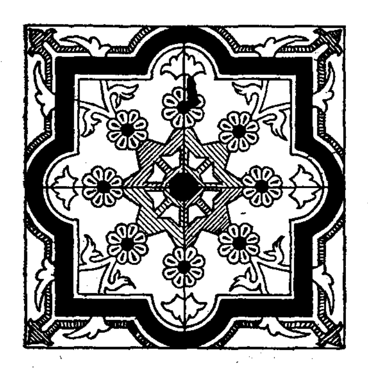
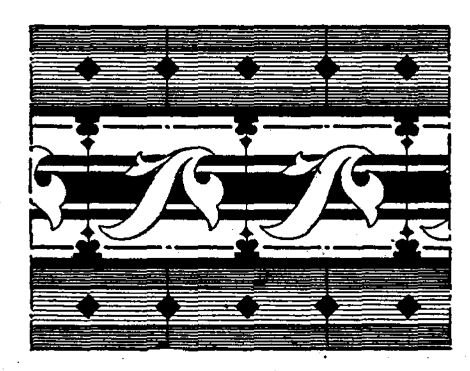
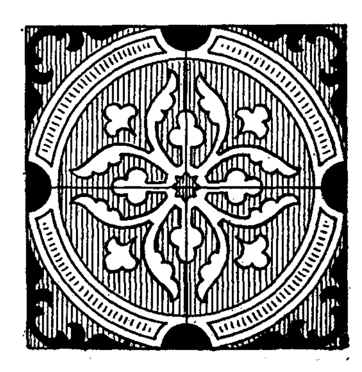
En las figuras 435, 436 y 437, damos algunos ejemplos.

Embaldosados cerámicos.—Estos embaldosados se parecen a los precedentes, al menos en apariencia, pero son superiores por su dureza y su duración. Es verdad que su precio es, también, un cincuenta por ciento más elevado.

Como ejemplo, damos algunos dibujos en las figuras 438 a 440.

Colocación de los embaldosados cerámicos. — Es indispensable un lecho sólido; para el interior de las habitaciones basta el terreno natural bien apisonado o un lecho de arena. Para el exterior hay que hacer una superficie sólida de buen hormigón o de ladrillo bien cocido, cubriendo el conjunto con una capa de cemento hidráulico.

Para la colocación debe nivelarse perfectamente el suelo y se procede lo mismo que para un entarimado, estableciendo una línea de partida, lo más hacia el centro posible, a la que se traza otra perpendicular. Después, basándose en estas dos líneas, se colocan en seco las baldosas unas junto a otras, es decir, se aparejan para comprobar que ocupan perfectamente sus respectivos sitios. Hecho

Figs. 438, 439 y 440.—Embaldosados cerámicos.

esto, se meten las baldosas en el agua y se fijan una después de otra con cemento, conservando el nivel prefijado. Rara vez entra un número exacto de baldosas en el ancho y en el largo de la habitación; por esta razón, se dispone el embaldosado de modo que sobren fajas del mismo ancho, de ambos lados, junto a las paredes, que se llenan con baldosas cortadas de tono uniforme, es decir, sin dibujo.

Para partir las baldosas en dos o en un número mayor de trozos se emplean los procedimientos siguientes:

1.° Cuando se quiere partir una baldosa en dos partes casi iguales, se traza sobre su cara y sobre el revés la línea según la cual se quiere partir, se coloca en equilibrio sobre la rodilla y se aplica un cincel de escultor, sobre el cual se dan ligeros golpes de martillo, bien dirigidos, recorriendo la línea trazada cuatro o cinco veces. Se vuelve la baldosa y, después de algunos golpes un poco más fuertes, siempre sobre la misma línea, la baldosa se parte.

2.° Cuando se quiere partir en partes no iguales, hay necesidad, por regla general, de sacrificar una baldosa. Se procede del modo siguiente:

res de todos los matices; a medida que los necesita, los coge y coloca en el sitio indicado por el trazado hecho en el fondo, haciéndolo en un baño de mástique o cemento, destinado a aglomerar todos los elementos. Terminada la fijación y seco el mástiquc, se procede al pulimento, que se hace con un pulidor bien plano y polvo de arenisca diluído en agua. Se taponan las partes donde falte el mástique; después de un lavado, se lustra con un lienzo de lana y un encáustico compuesto de cera blanca y esencia de trementina.

También debemos mencionar el *mosaico sembrado,* que consiste en pequeñas piedras duras machacadas y de colores diferentes que se echan a granel sobre un baño de mortero; se comprimen ligeramente para obtener una superficie nivelada y obligar a cada elemento a presentar una cara horizontal; después que haya fraguado algo se echa un mortero destinado a obturar los huecos. Cuando todo está bien seco, se termina de arreglar la superficie con un pulidor pesado y polvo de gres, como anteriormente. La mano de obra es, en este caso, mucho más sencilla y el precio por lo tanto menos elevado. Generalmente, se realza esta clase de mosaico mediante encintados y también con dibujos compuestos de cubos dispuestos a mano, según un dibujo determinado.

PAVIMENTOS DIVERSOS

Pavimentos de asfalto fundido.—En el capítulo *Materiales de construcción,* trataremos del asfalto; aquí nos ocuparemos de la manera de ponerlo en obra.

El asfalto se extrae de las minas como las piedras: con barrenos, con el pico o con la barra y la cuña. La roca se parte, después, del tamaño de los elementos que sirven para el empedrado de los caminos, luego se pulveriza bien: sea por una semicalcinación o decrepitación en caliente o por una trituración en frío bajo la acción de pilones, de muelas o de cualquier otro aparato triturador. El polvo por fin se tamiza.

Las partículas que se obtengan no deben tener más de 1,5 mm de grosor y se colocan en calderas de 1000 a 1200 Kg de capacidad, con adición de una cantidad de betún tal, que la mezcla se componga de 84 partes de asfalto y 16 partes de betún.

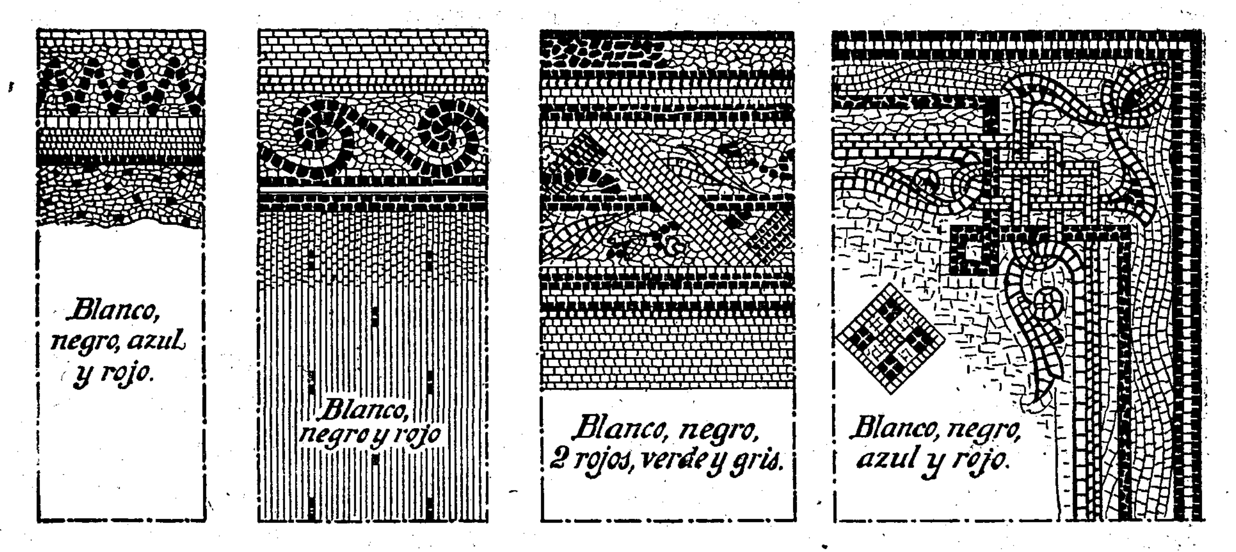
La cocción se hace a fuego lento y moviendo continuamente la mezcla, que se introduce por partes sucesivas. Cuando la materia está bien homogénea y tiene bastante consistencia, se retira de la caldera para transformarla en panes con la ayuda de moldes cilíndricos. Estos panes pesan unos 25 Kg.

Además de los mástiques naturales, se componen también mástiques artificiales, combinando 75 partes de creta con 25 de brea. Pero

Después de haber marcado, como en el caso precedente, la línea según la cual quiere cortarse la baldosa, se mantiene de pie entre las rodillas y se aplica un cincel sobre la parte sacrificada, un poco por debajo de la mitad de su espesor. Con el martillo se golpea sobre el cincel y se quita así un trozo del espesor de la baldosa. Se repite la operación hasta que la parte sacrificada queda sin forro a su alrededor. En la zona superior de la parte así preparada se dan pequeños golpes, empleando el martillo solo o el martillo y el cincel, de modo que quitemos pequeños pedazos de 5 a 6 mm de espesor; así se continúa, hasta que se llegue a la línea trazada. Los pedazos que se hacen saltar tienen generalmente todo el espesor de la baldosa; sin embargo, algunas veces saltan antes; en este caso la baldosa recobra su primitivo espesor y entonces hay necesidad de rebajarla de nuevo.

Si el trozo que se quiere emplear es más pequeño que la mitad de una baldosa, se parte primero en dos por el primer procedimiento y después se opera sobre una de las mitades como acaba de explicarse.

Pavimentos de mosaico.—El mosaico es una verdadera tapicería de piedra. El punto de lana o de seda, se reemplaza por pequeños



Figs. 441 a 444.—Pavimentos de mosaico.

cubos o prismas, regulares o irregulares, que se obtienen partiendo o cortando materias duras, como son las piedras, el mármol, el barro cocido, el vidrio y el esmalte. Estos cubos de colores distintos, se yuxtaponen de modo que formen dibujos, flores, ornamentos, figuras de hombres y de animales y hasta verdaderos cuadros. Se unen por medio de un mástique o cemento compuesto de cal, arena muy fina, puzolana o ladrillo machacado (figs. 441 a 444).

El mosaico también se emplea para hacer revestimientos de paredes y aun de techos.

El artista de mosaicos tiene sus cubos dispuestos en cajas por colo-

como el empleo de la caliza no presenta sensible economía, se da la preferencia a los asfaltos naturales.

El asfalto, expendido en panes, se parte con el martillo en ocho o diez partes y se somete a una nueva fusión con adición de una o dos centésimas de betún o de brea. La cocción se hace en una caldera ambulante de palastro que se coloca junto al trabajo que se quiere hacer, moviendo la masa con una paleta de hierro. Cuando la masa está bastante pastosa, se aplica sobre las superficies destinadas a recibirla, y para que este enlucido no se ablande por la acción de los rayos solares, se espolvorea con arena la superficie del mástique, cuando todavía está caliente.

Si la mezcla está demasiado líquida y cuando debe tener cierta dureza para resistir al desgaste, como en las aceras, se echa en la caldera arena fina, tamizada y seca, en cantidad suficiente para obtener una pasta espesa y bastante fluída para poder extenderla como un enlucido. Esta cantidad de arena varía con el espesor de la capa, con la circulación probable y con la temperatura máxima de la localidad.

Se emplea mucho, en la pavimentación, un mástique compuesto de:

Alquitrán mineral para facilitar la fusión . .	7,50 Kg
Mástique de asfalto	90,00 »
Aceite de resina	2,50 »
Arena fina y pura	50,00 »
	150,00 Kg

Puro o mezclado con arena, el mástique de asfalto se pone en obra aplicándolo por fajas de 75 a 90 cm de ancho por 15 a 20 mm de espesor. El enlucido de mástique se apoya sobre un lecho de hormigón hidráulico de unos 10 cm de espesor, o sobre una capa de arena bien apisonada y regada con una lechada de cal hidráulica, o sobre cualquier otro lecho que se crea conveniente.

Después que se haya secado perfectamente el hormigón, la masa asfáltica hecha plástica por la fusión se extiende y comprime con una paleta de madera llamada *espátula;* cada faja se limita con una regla de metal, que fija al mismo tiempo la altura, y se pasa el reglón, para nivelar la capa extendida, apoyándose en la faja ya ejecutada y sobre la regla de hierro. Durante esta operación, se echa arena caliente sobre la superficie y se incrustan los granos en la masa, apisonándola con una talocha.

Pavimentos de asfalto comprimido.—Después de comprimir bien el terreno, se cubre con una capa de buen hormigón hidráulico, después se extiende el asfalto en polvo, calentado a unos 135°, y se comprime con pisones o con un rodillo compresor. Para una calle, el

espesor de la capa de polvo debe ser de 70 mm para que el cilindrado la reduzca a 55 mm. En los pasajes, patios y, en general, en los sitios de no mucho tránsito, basta un espesor de asfalto de 4 cm que el apisonado reduce a 3 cm.

La solidificación del revestimiento de asfalto comprimido se explica de la manera siguiente: calentada la roca asfáltica a más de 100°, el betún de impregnación que une las moléculas se ablanda, los granos se separan y la roca se reduce a polvo; si, estando aún caliente este polvo, se comprime en la caja de una calle, las moléculas se pegan unas con otras y la materia vuelve a adquirir, por el enfriamiento, la dureza primitiva.

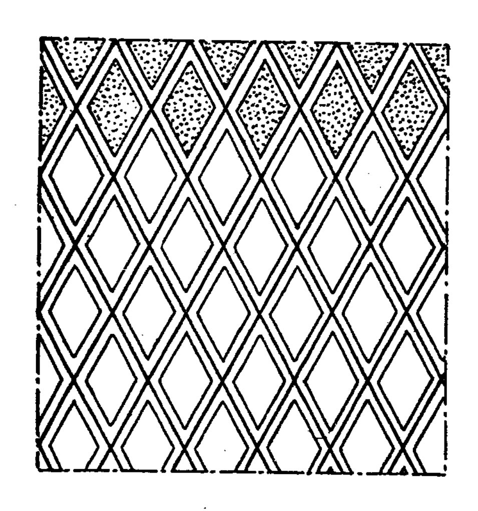
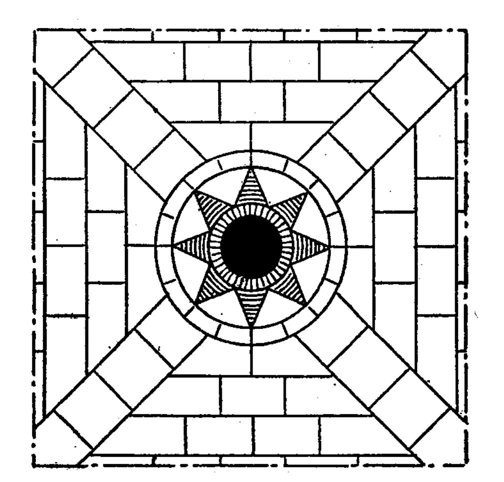


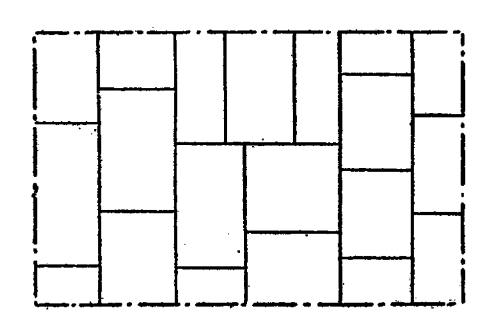
Fig. 445.
Pavimentación de cemento.

Pavimentos de cemento.—Primeramente hay que preparar el terreno regándolo y apisonándolo; después se echa encima una capa de hormigón hidráulico de 15 cm de espesor, sobre el que, a su vez, se extiende un hormigón de gravilla y mortero de cemento, de 5 cm de espesor, que se apisona con cuidado. Después de hechas estas operaciones, se extiende sobre el conjunto una capa de unos 6 mm de mortero de cemento portland.

Una de las precauciones más importantes que hay que tomar es la de tener la superficie cementada en un estado completo de humedad, bien colocando sobre la misma telas empapadas o bien con aserrín o arena regados.

A estos pavimentos se les puede dar el aspecto de piedra si se trazan las líneas de junta, se imita la cinceladura de los bordes, y por último, con el rodillo se le da la apariencia de una superficie picada (fig. 445).





Figs. 446 y 447.—Pavimentos de piedra.

Pavimentos de piedra.—Desde la más remota antigüedad, se han empleado para solados de edificios públicos y de habitaciones par-

ticulares, piedras planas, duras, pulimentadas y aparejadas o no. Los romanos emplearon para enlosados el mármol, el pórfido, el granito y también el jaspe. Los arquitectos de la edad media adoptaron con preferencia los enlosados de piedras calizas duras con juego de colores o con dibujos grabados e incrustados en la superficie (figura 446). Los grandes constructores italianos del siglo XVI emplearon, también, mucho los enlosados de piedra y también el aparejo irregular que representamos en la figura 447.

Los enlosados de aceras se hacen con losas de piedra caliza dura o también con granito. Estas losas tienen de 6 a 10 cm de espesor y se colocan a baño flotante de mortero sobre una capa de arena de 10 cm fuertemente apisonada.

Claro es que, en cada localidad, se emplea la piedra que está más próxima.

CAPÍTULO IV

Obras accesorias

Enlucidos hidrófugos, aislamientos.—Enlucido de Thénard y Darcet.—Enlucido Ruoltz.—Enlucido parafinado.—Enlucido Fulgens.—Enlucido Candelot.—Aislamientos.
Ladrillos y revestimientos de corcho: descripción y aplicaciones.
Arena-mortero coloreada: manera de emplear este producto.
Alabastrina: manera de emplearla.
Metalina: manera de emplearla.
Silicatación y fluatación.—Silicatación.—Fluatación.—Endurecimiento superficial.—Alisadura y pulimento: pulimento, impermeabilización.—Reacciones químicas a que da lugar la fluatación.—Efectos decorativos de coloración que pueden obtenerse por fluatación: aplicación sobre enlucidos, revoques y cemento; fluatación de cubas de cemento, aplicación sobre barros cocidos, fluatación de areniscas, impermeabilización.
Marmoreína.—Endurecimiento del yeso: aplicación sobre los yesos que se dejan en blanco; teñido de los yesos.—Aplicación sobre el cemento y los enlucidos de mortero.—Aplicación sobre piedras silíceas, tobáceas y areniscas.
Avenamiento.—Casos prácticos.
Alumbrado de las obras, encerados, desecación.

ENLUCIDOS HIDRÓFUGOS, AISLAMIENTOS

Por orden de antigüedad, encontramos aplicados a combatir la humedad los medios siguientes:

Enlucido hidrófugo de Thénard y de Darcet.—Su composición (1) es de una parte de cera, fundida en tres de aceite de linaza cocido con un décimo de litargirio; o más económicamente, de dos a tres partes de resina fundida a fuego lento, en una de aceite de linaza cocido con un décimo de litargirio. El primero de estos enlucidos fué aplicado por primera vez en 1813, en la preparación de la cúpula del Panteón, de París, en la parte destinada a recibir las pinturas de Gros. El otro se empleó en el saneamiento de los grandes salones de la Facultad de Ciencias de la Sorbona, cuyos muros estaban muy salitrosos.

Otro medio consiste en aplicar una chapa metálica (papel de estaño) sobre los muros que se han cubierto previamente con una capa de cerusa. También se emplean las colas, pero se comprende que la humedad, admitiendo que consintiera su desecación, las mojaría muy pronto.

Enlucido Ruoltz.—Se emplea con el pincel o la llana y está formado de óxidos metálicos, de sílice, de arcilla, de carbón y de carbonato de zinc.

(1) CHATEAU, *Technologie du bâtiment.*

Enlucido parafinado.—Compuesto por Caudrelier, arquitecto. Está formado:

a) de un hidrocarburo, combinado con bencinas y éteres a dosis razonables y enriquecido de parafina;

b) de blanco de zinc molido con aceite, que sirve para cubrir y dar más consistencia a las pinturas;

c) del color que exija el tono que se quiera obtener.

Las manos de pintura a base de parafina, como las a base de resina, se aplican en caliente y se emplean en forma de tonos lisos, sobre yeso, en el exterior o interior, etc.

Enlucido Fulgens.—Es a base de gutapercha, tiene la ventaja de emplearse en frío como una pintura al temple. Un kilogramo es suficiente para dar dos manos a una superficie de 4 m^2.

Enlucido Candelot.—Se llama también cemento-porcelana antinitroso, es el empleado con mayor frecuencia, se expende ya preparado en bidones de 5 a 50 kilogramos.

Aislamientos.—Pero todos los enlucidos contra la humedad sólo tienen razón de ser porque, en las construcciones, se olvida casi siempre el poner un obstáculo a la humedad que sube del terreno y asciende por capilaridad hasta cierta altura de los edificios, altura que varía con la naturaleza de los materiales. Por parte de los constructores, esta negligencia es debida principalmente a economía; mas como aquí no hemos de tener en cuenta la cuestión de precios, examinaremos desde el punto de vista del arte del constructor, los medios prácticos que, después de experimentados, han dado en cada orden de ideas resultados satisfactorios.

Por esto, después de haber indicado algunos de los remedios contra el mal, vamos a dar los medios que se emplean para cortarlo de raíz.

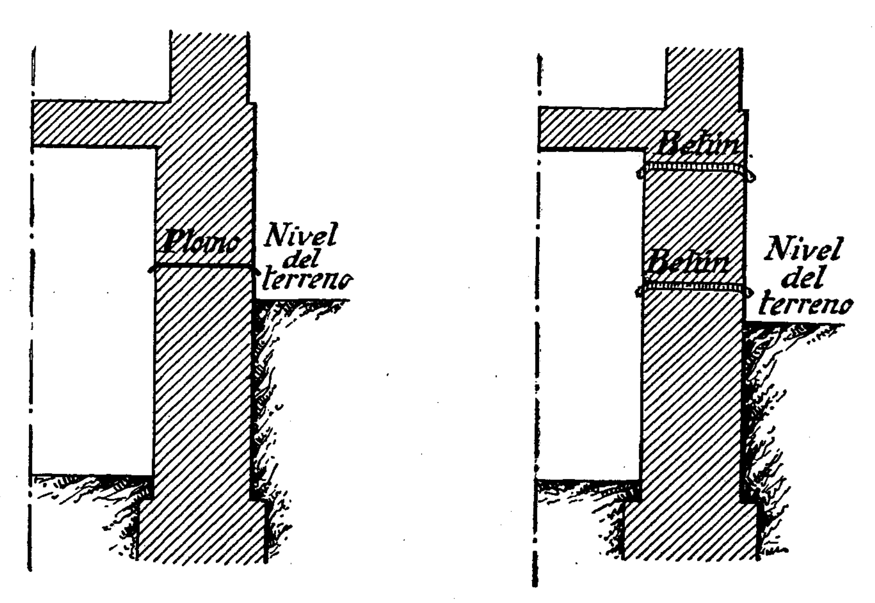
La primera cosa que hay que hacer, es darse cuenta de la naturaleza del terreno y asegurar la salida de las aguas, canalizándolas o eliminándolas, como se dice en el artículo *Avenamiento* en este mismo capítulo.

Tomada esta primera precaución, no hay más que ocuparse de la humedad natural del terreno para impedir que ascienda por los muros.

Siempre ha preocupado esta cuestión y los constructores han coincidido en los mismos procedimientos; los materiales son los que varían según los países.

Allí donde la proximidad lo permita, se han empleado en los basamentos y cimientos las piedras densas y de grano apretado u otras de dureza igual o equivalente. Este es un procedimiento muy

natural: oponer una masa litoide de grano compacto y poco filtrante asegura, por lo menos durante cierto tiempo, un estado de sequedad relativa. Desgraciadamente no se dispone siempre de estos materiales; en muchos países se construye con piedras calizas que son más o menos porosas, o con materiales artificiales como el ladrillo,



Figs. 448 y 449.—Chapas aislantes.

y no se puede, pues, recurrir a las hiladas de piedra dura, que no podría conseguirse sino con grandes gastos, mandándola a buscar a sitios distantes.

Entonces hay que emplear las *chapas aislantes*. Estas chapas se hacen con betún, con pizarra o con mortero hidráulico o de cemento. Uno de los mejores medios es la aplicación de una gruesa chapa de plomo a la cual se da la longitud que se quiera por medio de soldaduras bien hechas. El plomo debe quedar saliente, el enlucido, si lo hay, se interrumpirá por encima de la chapa y se continuará por debajo de la misma; el plomo doblado forma, por decirlo así, goterón y es un obstáculo absoluto al paso de la humedad (fig. 448).



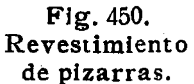


Fig. 450. Revestimiento de pizarras.

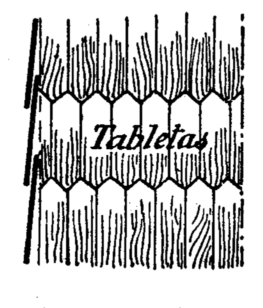


Fig. 451. Revestimiento de tabletas.

También se emplean placas de fieltro, impregnadas de asfalto; estas placas tienen de 7 a 10 mm de espesor, son flexibles y tenaces. Este fieltro pesa unos 13 Kg por metro cuadrado.

Para hacer un buen aislamiento, sea de pizarra, de betún o de plomo, es mejor poner dos capas protectoras: una al ras del terreno y otra un poco más arriba en el principio del basamento (fig. 449).

En ciertos países, sobre todo en aquellos donde se emplean

materiales muy porosos, hay costumbre de proteger las partes verticales expuestas a la lluvia, por medio de chapas de zinc, de pizarras o de tabletas (figs. 450 y 451), que forman una coraza protectora y hacen habitables locales que, sin esta precaución, serían absolutamente malsanos.

LADRILLOS Y REVESTIMIENTOS DE CORCHO

Actualmente se fabrican ladrillos de corcho de diferentes tamaños, compuestos de recortaduras de corcho o de tapones viejos, aglomerados por medio de un mortero de cal u otro material aglomerante.

La gran ventaja de estos ladrillos es que pesan muy poco, 250 a 300 Kg el metro cúbico, lo que permite construir sobre los suelos tabiques de distribución sin preocuparse mucho del peso suplementario. Estos ladrillos se manejan exactamente como los de barro cocido: se traban con yeso o con mortero, y reciben los enlucidos como los muros o tabiques ordinarios. Ensayados al aplastamiento, han dado una carga de rotura de 2,35 Kg por centímetro cuadrado. Se puede, por lo tanto, cargarlos con seguridad con 0,375 Kg por centímetro cuadrado.

Los clavos penetran con facilidad en estos tabiques y presentan bastante solidez para sostener los objetos que ordinariamente se cuelgan, cuadros, armas, etc.

El corcho es, como se sabe, mal conductor del calor y del sonido; los ladrillos de corcho son, pues, buenos para conservar una temperatura uniforme e impedir el paso de los ruidos en uno y otro sentido.

Estos ladrillos tienen las siguientes dimensiones:

22 × 11 × 6 cm (tamaño del ladrillo francés)
25 × 12 × 6,5 » (» » » alemán)
33 × 16 × 6 »

Las baldosas de corcho pueden emplearse útilmente en el revestimiento de paredes y techos, contra la humedad y la transmisión de ruidos, contra los contactos y las variaciones de calor y de frío.

Las dimensiones de las baldosas son de 50 × 25 cm, con espesores comprendidos entre 4 y 6 cm.

Se colocan con clavos o con un encolado. En las fábricas de pólvoras, donde se emplea el corcho con mucha frecuencia, se fijan las baldosas por medio de betún o de cola; el suelo se pavimenta también con baldosas de corcho aglomerado o, algunas veces, con pequeñas briquetas de corcho natural dispuestas como frisos del

pavimento. Las briquetas tienen 1,5 cm de espesor, 6 aproximadamente de ancho y longitud variable de 8 a 3 cm.

ARENA-MORTERO COLOREADA

Este producto (marca Fabre) puede reemplazar a la piedra en los sitios donde no la haya, y puede imitar y reemplazar a la piedra si el presupuesto acordado no permite abordar directamente la sillería. No es una piedra artificial, sino sencillamente un enlucido que, trabajado y moldeado como el yeso, puede, si su coloración está bien hecha, imitar una piedra cualquiera, con la ventaja de que todos los adornos y esculturas pueden moldearse o tallarse en la pasta fresca, así como las molduras, que se hacen con la terraja como en los trabajos de yeso.

La arena-mortero coloreada se hace con diferentes tonos, que permiten imitar la caliza, el pórfido, el granito y el ladrillo. Se necesitan 25 Kg de este producto para hacer un metro cuadrado de enlucido. Se emplea como el yeso, pero se amasa como los cementos.

En los revocos hechos con la arena-mortero coloreada es esencial emplear exclusivamente arena de río sin fango, o de mina, bien siliciosa y que cruja en la mano, que es la que se llama ordinariamente *arena magra* o *árida,* pasada por tamiz; no deben emplearse las arenas de mar y de dunas, ni tampoco el agua de mar.

El empleo de la arena-mortero coloreada comprende dos operaciones sucesivas:

1.ª El enfoscado o revoque que debe hacerse siempre con mitad de arena de río y mitad de polvo de piedra blanda, cualquiera que sea el color del producto a aplicar por encima de este primer enlucido.

2.ª El enlucido que se aplica sobre el precedente y que siempre debe hacerse con el producto puro de cualquier color que sea, sin más mezcla que el agua necesaria para el amasado.

El muro o fachada que se van a enlucir deben picarse de antemano para darles rugosidad. En los países a la orilla del mar y en aquellos donde la obra principal es casi siempre de ladrillo, es necesario descarnar también las juntas esmeradamente.

El obrero coloca en su artesa tres o cuatro litros de buena arena de río o de mina (nunca, lo repetimos, arena de mar o de dunas), y agrega también la misma cantidad de *arena-mortero coloreada, color piedra blanda;* lo mezcla todo con la llana y después echa el agua necesaria, para amasar con algo más de consistencia que el yeso. Moja con agua la obra de fábrica que ha de recibir este primer enlucido, después lo lanza con fuerza y lo extiende con la talocha para que se adhiera y reparta bien; por último, con el filo de

la llana forma estrías en la masa. Esta capa es un enlucido tosco que, después de diez minutos, recibirá la segunda capa o enlucido.

Este enlucido, como ya hemos dicho, debe darse con la *arena-mortero coloreada pura,* de cualquier color que sea, sin mezcla alguna.

Después de bien limpia la artesa, el obrero echa en ella la cantidad de arena-mortero coloreada (con color de piedra, con color rojo de ladrillo o con cualquier otro, según el tono que se quiera emplear) y agrega agua hasta obtener un amasado un poco más espeso que el yeso. Se extiende con la talocha y se alisa con la llana; después, cuando resiste la presión del dedo, se pasa la fija de albañil por el lado de los dientes y, por último, se suaviza la superficie rugosa que se ha formado con estos dientes pasando la misma herramienta por el lado del filo; en seguida se pasa el cepillo y así se obtiene, sin cambiar en nada las costumbres de los estuquistas, una superficie que imita la piedra.

El espesor del enfoscado o revoque puede variar con la naturaleza de los materiales sobre los cuales se aplica, pero no debe ser inferior a un centímetro.

El enlucido, o segunda aplicación, debe tener un centímetro, siquiera, de espesor.

Cuando se trata de correr molduras, cornisamentos, frisos o grandes salientes, con objeto de aligerar la carga, conviene fijar en el muro puntas, mezcladas con clavos de barquilla.

El desbaste de estos salientes se hace con la mezcla compuesta de la mitad de arena, explicada anteriormente, hasta que quede reservado para el perfil uno o dos centímetros, según el vuelo de la moldura, que se termina con arena-mortero coloreada, absolutamente pura.

Para obtener una moldura de bello aspecto, con aristas finas, el obrero, un poco antes de terminar la segunda aplicación del producto puro, deberá tamizarlo en la tela metálica del yeso, amasarlo semiclaro, arrojarlo con un cucharón sobre toda la moldura y pasar la terraja después. De este modo, las partes que todavía tuvieran algún defecto se arreglarían y no habría más que pasar en sentido inverso para darle el grano de la piedra.

Es necesaria una pasada con el cepillo para acabar el trabajo y darle perfección.

ALABASTRINA

La alabastrina (o yeso enjebado de alabastro, que los ingleses designan también con el nombre de cemento blanco) no se ha empleado en Francia, hasta estos últimos tiempos, más que por los

estuquistas para las imitaciones de mármoles o de piedras en los vestíbulos, cajas de escalera, cuartos de baño, etc.

En Londres y en las grandes ciudades de Inglaterra y de Escocia, los *revoques de símil-piedra,* los mejores y más resistentes en aquel clima húmedo y frío (donde el yeso ordinario casi no puede emplearse) se hacen con *yeso enjebado de alabastro, mezclado con piedra triturada o con arena fina.*

En Inglaterra la piedra de sillería escasea y tiene un precio elevado; por esto, la imitación de la piedra con la alabastrina era posible e incluso se imponía.

La alabastrina resiste bien a los agentes atmosféricos; se aplica lo mismo sobre el yeso que sobre los cementos y cales y adquiere la resistencia de la piedra.

En las partes húmedas aconsejamos aplicarla sobre cemento.

La alabastrina, pudiendo cernerse con una finura mucho mayor que el yeso de vaciador, constituye por su composición de alabastro y alumbre (habiendo sufrido una cocción a alta temperatura, 1000 a 1200° C) una materia eminentemente plástica, untuosa al tacto, flexible y a la que se puede incorporar hasta tres partes de materias inertes como arena, piedra triturada, etc.

El fraguado de la alabastrina es lento (3 a 6 horas); por lo que el obrero tiene tiempo de emplearla bien. Puede manejarla, sin peligro, sin guantes; la presencia del alumbre no puede más que darle a sus manos mayor suavidad: el alumbre afirma la epidermis curtiéndola (se emplea mucho el alumbre para el curtido de ciertos cueros).

La alabastrina puede mezclarse con todos los materiales de construcción inertes: arena de río, ladrillos, piedras trituradas, etc.

Puede mezclarse también con los materiales de fraguado lento, como los cementos portland o de escorias (por mitades), lo que no puede hacerse con el yeso ordinario.

Esto explica su perfecta adherencia con esos productos.

En ciertas proporciones, puede mezclarse con piedra pulverizada y coloreada por la misma piedra o con el empleo de ocres.

Por lo tanto, pueden obtenerse de esta suerte toda clase de tonos de piedra, desde los más blancos a los más obscuros.

También se pueden preparar estas *imitaciones en el lugar de la obra* por medio de la alabastrina número 2 ó número 3, a las que se agrega un tercio o la mitad de piedra pulverizada de igual naturaleza que la que se quiere imitar.

La alabastrina, pura o mezclada con arena o piedra triturada, puede emplearse como yeso o como cemento. La lentitud de su fraguado permite preparar de una vez grandes cantidades de modo que un trabajo bien hecho no deja ninguna solución de continuidad.

El yeso enjebado de alabastro debe amasarse con *agua pura.*

Las proporciones pueden variar entre 15 y 30 % en peso de agua; los ingleses indican 6 litros de agua por 40 Kg de yeso enjebado de alabastro.

Lo que se necesita es amasarlo con la menor cantidad de agua posible para hacer una pasta espesa.

Muy fácilmente es posible darse cuenta de que puede variar la proporción de agua; por ejemplo: aplicado sobre una superficie porosa, aunque se haya humedecido bien de antemano, hay siempre mayor absorción de una parte del agua del amasado, y también en verano, en pleno sol, hay que tener en cuenta la evaporación, etc.

Teniendo en cuenta la absorción y la evaporación, es menester que el yeso enjebado de alabastro conserve el agua de amasado necesaria para su fraguado y solidificación.

Tiene de común con los yesos, cales y cementos, que se pulveriza cuando se aplica sobre muros demasiado secos que absorben el agua del amasado.

En lugar de echar la alabastrina en el agua para diluirla, se procede como con el cemento: se vierte el agua sobre la alabastrina en las proporciones indicadas anteriormente; también puede amasarse sobre una mesa, sobre un mármol o en la artesa.

Hay que amasar con fuerza, para producir una igual repartición del agua y del alumbre en toda la masa y obtener la consistencia de un mástique de vidriero recién hecho.

No se tema el remover mucho esta pasta, pues cuanto más se amase más se endurece el producto.

Si, al cabo de unas dos horas, la pasta parece fraguar, se vuelve a hacer manejable amasándola con la llana.

El fraguado lento de la alabastrina puede variar de dos a seis horas, según que la fabricación sea más o menos reciente, y permite al obrero trabajarla con cuidado, pues tiene tiempo de extenderla con la talocha, alisarla con la llana o arrastrar la terraja, etc.; en una palabra, puede producir un trabajo perfecto y sin pérdida de materia prima, pues estando bien limpio el suelo puede aprovechar los restos que se hayan caído. Gracias a esta facilidad en su empleo, se pueden hacer (sobre revoques bien alisados) enlucidos hasta de un milímetro de espesor.

La solidificación se opera entre dos y seis horas después de su empleo; después de veinticuatro horas alcanza dos tercios de su dureza, las nueve décimas al cabo de un mes, y la solidificación completa al cabo de tres meses.

Precisamente basándose en estos datos, los estuquistas esperan generalmente tres o cuatro semanas antes de proceder al pulimentado, pues, de otro modo, la alabastrina, no estando ni bastante dura ni bastante seca, no adquiriría un buen pulimento.

La alabastrina no se *airea,* es decir, que no pierde ninguna de

sus cualidades aunque esté largo tiempo expuesta al aire; sólo se retarda un poco el fraguado, pero la dureza aumenta a medida que su fraguado es más lento.

Es necesario tener este producto al abrigo de la humedad.

Se expide en toneles y puede soportar perfectamente viajes marítimos de varios meses sin sufrir deterioro. Esto no puede hacerse con el yeso ordinario, que se altera e hidrata hasta el punto de no poder emplearse.

Se pueden preparar los revoques, sean de yeso, de cal o de cemento, pero antes de aplicar el enlucido es necesario que estos materiales hayan producido su efecto; con el revoque de alabastrina se puede aplicar el enlucido en seguida, pues el revoque y el enlucido no se perjudican mutuamente durante el fraguado.

Se puede hacer el revoque con alabastrina empleando la número 2 ó la número 3, a las que se agrega de una a tres partes de arena fina de río o de piedra triturada, en volumen (según lo graso que se quiera obtener el mortero).

El enlucido puede aplicarse doce horas después del revoque de alabastrina, o sobre los otros materiales de construcción, tan pronto como hayan producido su efecto, como se ha indicado anteriormente; se emplea la talocha o la llana, y se perfila con la terraja, con todos los procedimientos empleados para los yesos y cementos.

Cuanto más se amase mejor será el producto, y cuanto más fuerte sea la capa donde se aplique el enlucido, más dureza alcanzará.

Si se quiere cortar el enlucido con la batidera o con la escoda, es menester esperar unas cuatro o cinco horas. En este instante (que se puede escoger y que varía con la mayor o menor sequedad del aire o con el grado de densidad del amasado) el enlucido de alabastrina podrá cortarse sin que se desprenda y se trabajará fácilmente.

Si se dejan transcurrir de doce a veinticuatro horas, sería necesario recurrir a las herramientas de cantero, ferrocarriles, etc., pues ya no sería un yeso, sino más bien un sillar duro.

Este producto puede emplearse para rejuntados, rehundidos, juntas a la inglesa, etc. Dada la lentitud del fraguado, el obrero puede hacer lo que desee.

Empleado en las juntas de los sillares, deja una junta de un blanco brillante e inalterable.

METALINA

La metalina se emplea como enlucido, para imitar piedra de una coloración cualquiera. Está compuesta de cemento inglés o cemento blanco (alabastrina), de piedra triturada o en granos (según

la naturaleza de la piedra que se quiere imitar), de silicato de potasa y de óxidos de hierro, que permiten obtener la coloración de una piedra determinada.

La metalina se amasa con agua dulce en la proporción de 30 a 35 °/₀ de su peso de agua, por término medio. Se echa primeramente el agua en la artesa y después la metalina, hasta que el agua esté completamente absorbida; se remueve con la llana y, cuando la mezcla es perfecta, se deja reposar dos minutos empleándose después como si fuera yeso.

El fraguado dura un cuarto de hora; se puede entonces extenderla con la regla y con la escoda por el lado de los dientes y después por el lado liso, estando bien afiladas las herramientas.

Se pueden picar las juntas, si se quiere simular un aparejo de piedra, y rellenarlas con metalina coloreada de blanco, de gris o de negro.

Las molduras se perfilan con la terraja, como si fueran de yeso.

Para el revoque, se puede agregar a la metalina un tercio de arena gruesa de río.

SILICATACIÓN Y FLUATACIÓN

Silicatación.—Fuchs ha descubierto el *vidrio soluble* o *enlucido vítreo,* que está compuesto de: 10 partes de potasa calcinada, 15 partes de cuarzo pulverizado y una de carbón; se funden primeramente en un crisol, después se cuela y enfría, se pulveriza y se agrega unas cinco veces su peso de agua hirviendo. La solución que se obtiene, aplicada sobre un cuerpo cualquiera, se seca rápidamente en contacto con el aire y deja una superficie vítrea resistente al ácido carbónico y a la humedad. No es, en suma, más que una de las variantes del procedimiento conocido con el nombre de silicatación.

Kuhlmann, al perfeccionar este procedimiento, ha querido reemplazar la pátina vítrea de Fuchs por un verdadero endurecimiento de la piedra por medio del silicato de potasa; el silicato de sosa produce el mismo endurecimiento, pero da lugar a eflorescencias de aspecto desagradable.

La *disolución siliciosa* empleada debe marcar 35° Bé a fin de que baste diluirla en vez y media su volumen de agua, para obtener el líquido cuyo grado de concentración es el más conveniente para el endurecimiento de las piedras. Las disoluciones muy débiles exigen cierto número de operaciones para la impregnación, mientras que las disoluciones muy concentradas se prestan mal para un endurecimiento conveniente de la piedra.

La disolución siliciosa la absorben las piedras porosas; después de veinticuatro horas de exposición al aire, se da una segunda

capa y así se continúa hasta que se taponen los poros por completo y la piedra no absorba más líquido.

La cantidad de disolución, necesaria para endurecer una piedra, varía necesariamente con la naturaleza y el grado de porosidad de la misma. Para una piedra de grano medio y de porosidad ordinaria se necesitan 1,5 Kg aproximadamente, por metro cuadrado de superficie.

La manera de emplear los silicatos varía con la naturaleza de los trabajos. Sobre los revoques recién hechos deben aplicarse inmediatamente; en las construcciones antiguas, es necesario picar previamente la piedra para facilitar la penetración de la disolución siliciosa. Cuando es posible, como en el caso de revoque hecho antes de puesto, se debe proceder por inmersiones, lo que da mejor resultado; desgraciadamente, no puede hacerse esto más que con piezas de poco volumen. Las superficies grandes se silicatan valiéndose de una manguera, del pincel o de la esponja.

En las piedras excesivamente porosas, que suelen ser de naturaleza caliza, Kuhlmann aconseja, antes de la silicatación, una serie de imbibiciones reiteradas de una disolución de sulfato de alúmina a 6° Baumé.

El tiempo húmedo y la temperatura poco elevada son elementos favorables para la aplicación del método Kuhlmann, pues la desecación se verifica más lentamente.

Fluatación.—El endurecimiento de las piedras tiene gran importancia, especialmente para aquellos países donde abunda la piedra de sillería blanda. Respecto a esta cuestión dice Barral:

«La piedra de sillería blanda no sólo es de extracción, transporte y labra más económicos que la piedra dura, sino también más artística.

»Su grano y su matiz tienen un aspecto particular; con cierto atrevimiento y con las facilidades que procuran su abundancia para la ejecución de anchas hiladas y su docilidad a todos los instrumentos, que permite obtener aristas de gran pureza y rectitud, se logra imprimir a las construcciones un sello particular de delicadeza, homogeneidad y pureza que encanta y seduce.

»Claro es que el mármol blanco es una substancia admirable, de un pulimento y finura de aristas que resisten toda comparación; pero al emplearlo en el exterior, por lo menos en ciertos climas, toma un aspecto horroroso, pues basta haber visto la iglesia de San Pablo de Londres para quedar convencido de ello. El contraste violento de los puntos que han quedado blancos por la acción de la lluvia, sobre los negros absolutos que los rodean, deforma todas las sombras y produce un efecto general de lo más triste e incoherente que se pueda imaginar.

»Por el contrario, el grano generalmente regular de ciertas calizas blandas y la especie de esponjosidad que aquél comunica a las superficies, hacen que se reparta mejor la lluvia contribuyendo a conservar la igualdad general del tono.

»Su tono mate muy intenso amortigua todos los destellos y todas las reflexiones de la luz, hace que se destaquen los planos sucesivos y esfuma y redondea suavemente las curvas sin matar las aristas. Además ocupa, en cierto modo, la atención sin fatigar la vista en la contemplación de grandes superficies y la fina labra de los sillares les da el aspecto de un trabajo esmerado agregado a la construcción por cariño a la misma.

»Desgraciadamente, estas cualidades van acompañadas de cierta fragilidad. El menor choque, el menor rozamiento producen sobre estas piedras deterioros, tanto más desagradables por cuanto dejan aparente el color primitivo contrastando con la superficie antigua de tono más obscuro.

»Su porosidad, por otra parte, hace que no puedan colocarse con orientación muy expuesta a la lluvia.

»Por estas razones, la aparición de un descubrimiento que permitiera eliminar estos defectos sin sacrificar en nada las cualidades de la piedra, había de constituir un acontecimiento de gran interés.

»Se había saludado ya como cosa provechosa el advenimiento de un método, debido a Fuchs y perfeccionado luego por Kuhlmann, consistente en infiltrar en los poros de las piedras blandas un líquido que contiene sílice, materia constitutiva del cuarzo, del ágata, del pedernal, de la calcedonia, del jaspe, etc.

»Esta disolución se descompone en el interior, deja allí la sílice y comunica su dureza a la piedra. Por desgracia, también deja al mismo tiempo la substancia que le ha servido de vehículo o disolvente, substancia consistente en una sal potásica o sódica que se encuentra en los materiales salitrosos.

»De suerte que, si se endurecía la piedra, se ponía salitrosa al mismo tiempo y de ahí un cúmulo de inconvenientes como volverse húmeda, desarrollarse manchas de aspecto desagradable, hacerse más accesible a los musgos, etc.

»No hay que asombrarse, pues, de que este sistema de endurecimiento «por los silicatos alcalinos», pues son éstas las sales cuyas propiedades utiliza, tenga un uso muy restringido.

»Para endurecer la piedra, es preciso no introducir en ella más que piedra. Esto es, precisamente, lo que ha hecho Kessler.

»Siempre es la sílice o el cuarzo el que emplea como agente de endurecimiento: solamente que para licuarlos (como conviene para embeberlos en la piedra) emplea el siguiente artificio.

»Existe en la naturaleza un mineral, inalterable a los agentes

atmosféricos, más duro que el mármol y transparente como el vidrio, que tiene el nombre de *espatoflúor*.

»Este mineral puede considerarse como combinación de un ácido particular con la cal que, como se sabe, es la base de todas las calizas.

»Kessler separa la cal del espatoflúor y deja el ácido en libertad para disolver el cuarzo.

»Basta añadir cal a dicha disolución para formar, otra vez, espatoflúor con el ácido que había disuelto el cuarzo y poner a éste en libertad, en estado sólido. Ahora bien, esta cal es precisamente la piedra caliza quien la suministra; de suerte que, apenas entra en ella la disolución, se solidifica y en lugar de caliza se tienen otros dos minerales: espatoflúor y cuarzo, que concurren ambos al fenómeno del endurecimiento.

»Para que penetre mejor la disolución, se le agregan ciertos óxidos, como la alúmina, el óxido de zinc, la magnesia, etc., los cuales, quedando insolubles a su vez después de la reacción, contribuyen a la obturación de los poros, pero no desempeñan más que un papel secundario aunque muy eficaz.

»Estas disoluciones especiales toman el nombre de *fluosilicatos*. Algunas, como las de zinc y de magnesia, dan cristales inalterables que basta disolver de nuevo, en agua, para emplearlos.

»En esta forma cristalizada, los fluosilicatos se prestan muy bien para el transporte a grandes distancias.

»Del nombre de *fluosilicatos* se ha formado el de *fluosilicatación*, o abreviadamente *fluatación*, que se ha dado al sistema de endurecimiento que se basa en su empleo.

»Para fluatar una piedra, es suficiente impregnarla con la disolución de un fluosilicato, por medio de un pincel de crines o de una bombita de pulverización.

»Después de seca la primera capa, se da una segunda mano y luego una tercera.

»No conviene fluatar las piedras sino después de la labra y talla de las mismas, para conservar la economía y facilidad del trabajo.

»Se puede dejar, a voluntad, la piedra absolutamente con el mismo aspecto que tenía y también blanquearla u obscurecerla; esto depende del óxido disuelto en el fluosilicato empleado.

»Pero si se quiere dar a una caliza blanda el aspecto de piedra dura, sin granos y con aristas cortantes, es suficiente frotar las superficies fluatadas con una arenisca dura (con un pedazo de piedra de afilar).

»Nada mejor que este retoque para demostrar la diferencia de contextura íntima, producida en la piedra por la acción química de la fluatación.

»Efectivamente, este apomazado que, sobre la piedra natural, no producía más que una superficie granulosa, sobre la fluatada, por

el contrario, engendra un plano absolutamente liso y sin poros aparentes.

»Una de las cualidades preciosas de la fluatación es la de dar resistencia, contra las heladas, a todas las piedras heladizas sin excepción, al contrario, precisamente, de los silicatos alcalinos, que convierten en heladizas piedras que no lo eran.

»Desde que se descubrió este procedimiento, numerosas e importantes aplicaciones han venido a demostrar su eficacia y a confirmar las esperanzas que había despertado.»

Al mismo tiempo que el endurecimiento, se pueden obtener efectos decorativos, coloreando el fluosilicato. El negro de humo, el azul de Prusia o cualquier otro color resistente a los ácidos pueden emplearse. Se obtienen colores pardos y amarilloparduscos con los fluosilicatos de hierro y de manganeso; el azul verdoso con los fluosilicatos de cobre; el verde gris con los de cromo; el violeta con los de cobre, seguidos de una impregnación de cianuro amarillo; el amarillo con los de zinc o de plomo, seguidos de una imbibición de cromato y de ácido crómico; los tonos negros, dando primero una capa de fluosilicato de plomo o de cobre y lavando después con sulfhidrato de amoníaco.

Endurecimiento superficial.—Es el caso más general del empleo del procedimiento de fluatación.

Se obtiene embebiendo la piedra que se quiere endurecer con el fluosilicato escogido.

Especialmente, se usan con este objeto: el fluosilicato de magnesia, el fluosilicato de zinc, el fluosilicato de alúmina y el fluosilicato doble.

El *fluosilicato de magnesia* es una sal cristalizada que Kessler obtuvo por primera vez y cuya fórmula determinó Friedel.

Da fácilmente una disolución a 20 ó 25° del areómetro Baumé.

Para prepararlo en pequeña escala se introducen en una botella de litro, 400 gramos de cristales de este fluato y después se completa el litro con agua templada y se agita hasta que se haya disuelto la sal.

Para preparar cantidades mayores, es más sencillo echar agua fría en un recipiente de gres o de madera, hasta próximamente la mitad o los dos tercios de su capacidad, y colocar después en su superficie un tamiz de crin que contenga sal en exceso, de la que por lo menos una parte esté a flor de agua.

Sucede con este fluato, igual que con el de zinc o el doble, que si el agua empleada es muy caliza, se forma algo de poso fangoso en el fondo del vaso. Este depósito procede de una reacción química, igual a la que tiene lugar en el interior de la piedra.

La presencia de este precipitado no altera en nada la composición de la sal disuelta, porque contiene todos los elementos en la

misma proporción; no produce más efecto que el de consumir una parte insignificante de la sal empleada.

Esta disolución no se descompone nunca, ni en el aire—donde no hace más que desecarse, regenerando los cristales que han servido para obtenerla—ni en frascos cerrados de gres, de vidrio o de madera.

Debe evitarse el dejarla cierto tiempo en recipientes de hojalata o de zinc y el colocarla en cubos de hierro, pues, aunque no se colorease, podría adquirir la propiedad de amarillear un poco la piedra.

No es tóxica, no ataca al lienzo, a los vestidos, ni a las pinturas; su manejo no es peligroso, se congela con dificultad.

Si se quiere que la piedra endurecida no quede con ningún vestigio blancuzco, procedente del paso del pincel, es necesario pasar el cepillo con cuidado por su superficie antes de mojarla. Estos vestigios del pincel provienen, efectivamente, del polvo blancuzco que la operación del afino deja en el grano de la superficie. Si no se hubiese tomado dicha precaución y se observaran huellas del pincel, podrán quitarse fácilmente, limpiando con una escobilla algo rígida o con un ligero apomazado y pasando luego la brocha.

Para el apomazado, lo más sencillo es emplear un pedazo de piedra blanca de amolar.

Obtenida la disolución de la sal a 20° Bé, se extiende con un pincel de crin por la piedra que se quiere endurecer, hasta que no absorba más líquido.

No es necesario que la piedra esté bien seca, aunque de todos modos es preferible. Basta que esté en condiciones de absorber el líquido hasta la profundidad deseada, que raras veces es mayor de un centímetro.

Se ve perfectamente esta profundidad operando en el borde de una piedra y deteniendo el pincel en la arista; entonces, sobre la cara que se halla a escuadra con la anterior, se ve el espesor de la parte mojada.

Para las superficies grandes, hay ventaja en reemplazar el pincel por una bomba de latón terminada en agujeros muy finos, y para que estos agujeros no se obstruyan, conviene filtrar la disolución previamente a través de un lienzo fino de algodón.

Al día siguiente, o antes si la piedra ha tenido tiempo de secarse, se repite la operación y se observa entonces que consume mucho menos líquido y que éste no forma espuma, como sucede casi siempre la primera vez.

Repitiendo las imbibiciones de esta manera, después de la desecación correspondiente, se llega al máximo de endurecimiento de tal modo que la creta fluatada difícilmente se puede rayar con una lima de acero.

Pero. como no hay necesidad de llegar a tal grado de dureza,

bastan ordinariamente dos o tres capas. Las piedras de grano muy apretado o invisible no admiten más que una y, a veces, es suficiente una disolución del preparado en un tercio de agua.

Frotando la superficie con un pedazo de piedra de afilar, después de seca, se comprueba bien si la dureza es suficiente.

El fluato de magnesia es el más empleado de todos; debe elegirse junto con el de alúmina para endurecer las cisternas revocadas con cemento que se emplean (en Argelia, por ejemplo) para depositar la vendimia o para hacer el vino; es el que menos cambia el color de la piedra.

El *fluato* (fluosilicato) *de zinc* es también una sal incolora, bien cristalizada, más soluble en agua que el de magnesia. La disolución llega fácilmente a 40° del pesa-sales de Baumé.

Para prepararlo en pequeña cantidad, se echan 600 gramos de sal en una botella de litro, que se llena después con agua templada y se agita hasta que se haya disuelto la sal; para cantidades mayores se opera como para el fluato de magnesia. El litro, preparado de este modo, pesa 1380 gramos.

Se emplea como el fluato de magnesia y produce los mismos efectos, pero blanquea más la piedra.

Los cristales, igual que su disolución, son inalterables y se pueden conservar indefinidamente. La disolución a 40° Bé no se congela. Se emplea ventajosamente para dar la última mano a las piedras que lo absorben bien.

El *fluato de alúmina* es más ácido que los otros. Cristaliza con dificultad. Con el de zinc da un fluato doble, mucho menos ácido y más estable. Obstruye completamente los poros superficiales de la piedra, de modo que debe preferirse siempre que se trate de calizas de grano tan poco apretado que sea imposible empaparlas con otro fluato.

Sirve, finalmente, para detener la fluatación cuando no debe gastarse más que un peso determinado de sal. Se presta para obtener un pulimento natural, en las piedras de grano fino o de constitución arcillosa. Endurece instantáneamente las piedras más blandas. Por esta propiedad lo emplean los escultores, cuando tienen una piedra demasiado blanda que no permitiría obtener detalles muy finos; con este objeto, la van endureciendo por partes a medida que avanza el trabajo.

El *fluato doble* contiene los elementos de las sales precedentes; se emplea como el fluato de zinc y se expende como éste: en cristales o en disolución a 40° Bé, que se prepara como hemos dicho para el de zinc.

Esta disolución resiste las heladas; sus cristales son inalterables.

Fluato de revoque.—Cuando las piedras de la fachada de una casa se ennegrecen o se ensucian tanto que necesitan un raspado,

se empieza por frotarlas con una brocha de grama o de alambre, si hiciere falta, para quitar la capa más gruesa de suciedad.

Después se pasa, con una brocha ordinaria, el fluato de revoque a 10° Bé y la piedra vuelve a tomar su color natural.

El fluato de revoque se expende en disolución a 40° Bé; para obtenerlo a 10°, basta diluirlo en tres veces su volumen de agua de modo que se obtengan cuatro litros con uno solo.

También existe el *fluato de amoniaco* que goza de la propiedad especial de no formar óxidos que coloreen la piedra. Como que es muy poco soluble no presenta grandes ventajas.

En resumen:

Para el *endurecimiento simple,* sin cambio de color, las substancias más ventajosas son: el fluosilicato doble, el fluosilicato de zinc que da mayor blancura, y el fluosilicato de magnesia.

Para empapar rápidamente la piedra, impermeabilizarla completamente, bruñirla y endurecerla instantáneamente: el fluosilicato de alúmina, que conviene emplear casi siempre a la terminación del trabajo.

Para los efectos de coloración, veremos después cómo se emplean otros fluosilicatos.

Todas estas sales se introdujeron por primera vez en el mercado por Kessler, que descubrió los fluosilicatos de alúmina y de zinc, así como los fluosilicatos de magnesia, de alúmina y de cromo cristalizados.

Alisadura y pulimento.—Una condición que debe tener todo procedimiento para endurecer la piedra, y que posee el de Kessler, es que dé a la piedra endurecida la misma apariencia que las piedras duras tienen, cuando se apomazan en seco.

Las calizas blandas, casi siempre, son de granos gruesos poco apretados, que se desprenden cuando se trata de pulimentarlas; otras veces son cavernosas y, al cortarlas, dejan al descubierto cavidades donde se alojan los insectos, el polvo y algunas veces las vegetaciones.

Para las que no tienen cavidades pero cuyo grano es poco tenaz, es suficiente, muchas veces, no apomazar la superficie sino después de un primer endurecimiento más o menos profundo, por ejemplo: al día siguiente de una impregnación de fluosilicato doble, o bien inmediatamente después de empaparlas con fluato de alúmina.

Si tienen oquedades, es menester taparlas.

El nuevo procedimiento ofrece, para esto, un recurso muy particular. Basta rellenar los huecos con una pasta formada con detritus de la misma caliza, embebida en agua pura o con *fluato preliminar* (avant fluate), diluído en una o dos partes de agua y dejar secar; después, se dan rápidamente, con el auxilio de un pincel, varias capas de fluosilicato de concentración creciente. Se empieza con una diso-

lución que no pase de 6° Bé y se continúa con otras a 12, 20 y 40°, hasta la completa imbibición.

La única precaución que hay que tomar, durante esta operación, es que la piedra absorba instantáneamente el líquido cada vez que se da una mano, no permaneciendo en la superficie ni un momento, por lo menos durante las dos o tres primeras capas; de lo contrario, el ácido carbónico desprendido en el interior de la pasta que se ha aplicado, no encontrando suficiente salida por haber obstruído los poros el líquido en exceso, levantaría, desagregándola, la capa exterior ya endurecida.

Por lo tanto, si se notase que el líquido no entra muy de prisa, se dejará secar la piedra antes de continuar.

Una vez que el líquido ha penetrado a través de la pasta, hasta la piedra, ya no hay peligro de que se desprenda aquélla.

El polvo depositado en los huecos llega a ponerse tan duro como la misma piedra fluatada y no se puede rayar con la uña. Basta apomazar la superficie de la piedra que se ha taponado para dejarla completamente lisa.

En vez de formar una pasta para tapar los huecos superficiales de la piedra, es ordinariamente más expedito humedecerla primero con una disolución a 12° de fluato preliminar y alisarla luego, con piedra pómez o con un trozo de la misma piedra. La piedra pómez forma una pasta, con los productos del desgaste de la caliza húmeda, que tapona los agujeros.

La operación de alisadura exige un aprendizaje *de visu,* la del endurecimiento que le sigue también es delicada, por el peligro de desprendimiento. Se facilita utilizando el fluato preliminar, pero también se puede, con el mismo objeto y sin recurrir a su empleo, agregar a los detritus de la piedra un poco de cal o de cemento, y endurecer luego por impregnación.

En general, es de mejor efecto—por lo menos cuando la superficie de la piedra no se presenta de plano—dejar intactas las cavidades de dimensiones ordinarias y apomazar su exterior hasta que haya desaparecido toda rugosidad, completando después el endurecimiento. La alisadura debe hacerse en seco, después de una imbibición dada la víspera.

Pulimento.—Para pulir se impregna la superficie, una o dos veces, con fluosilicato ácido de alúmina, a 15° Bé.

Este pulimento no tiene el brillo de un barniz, pero es suficiente para el exterior, donde no sería estético un brillo excesivo; en el interior es fácil realizar el brillo por los medios conocidos y empleados para los mármoles.

Impermeabilización. — De lo dicho sobre los silicatos alcalinos, se deduce que una piedra porosa que no se ha impermeabilizado más que en la superficie, se echa a perder si el agua llega a penetrar

y se hiela. No hay que tender, pues, más que a una impermeabilidad relativa, es decir, obtenida con un cuerpo bastante blando para que se desprenda antes de rajarse la piedra. La impermeabilización relativa se obtiene, en parte, por el empleo de los fluosilicatos, y sobre todo, por la capa final de fluosilicato ácido de alúmina. La fluatación hace la porosidad 20 ó 25 veces menor.

Si se quiere disminuirla, se pasa por la superficie de la piedra, en el momento en que está más caliente, un encáustico preparado con este objeto. Se aplica con pincel en todo tiempo. Este encáustico es líquido a la temperatura de 15°; si está ligeramente cristalizado basta colocarlo en una cámara o recinto que esté a dicha temperatura.

Se obtiene un resultado todavía más perfecto, pero menos expedito, empapando la superficie con parafina o con cera fundida.

Para esto se emplea un recalentador portátil, como los que usan los pintores para quemar las pinturas que quieren despegar, con el que se calienta la superficie de la piedra que se trata de impermeabilizar, empezando por las partes más elevadas, y se frota aquélla con cera que, al fundirse en su contacto, penetra.

No deben impermeabilizarse así sino piedras que han sido lavadas, esperando quince días antes de aplicar la cera.

Después que la piedra ha recibido esta preparación, el agua no la cala y su superficie se conserva inalterable.

También se puede empapar la piedra con aceite secante de linaza, enjugando el sobrante que quede en la superficie. Es menester hacerlo con cuidado cuando se han fluatado bañeras.

Reacciones químicas a que da lugar la fluatación.—Cuando la disolución de un fluato (fluosilicato) impregna una caliza, se infiltra en ella con mayor o menor intensidad, a veces con cierta efervescencia y otras sin acción aparente.

Esta efervescencia que retrasa la imbibición se puede evitar siempre limpiando bien, previamente, la superficie de la piedra y echando agua en el líquido hasta que deje de producirse. En vez de emplearlo puro y a 40° Bé, por ejemplo, si es el fluato doble o el de zinc, se rebajará (agregándole agua) a 20, 15 ó 10° Bé si es menester. Al dar la segunda mano, después de la primera desecación, ya no se produce efervescencia. Esta efervescencia, cuando no produce espuma en el exterior de la piedra, tampoco lo hace en el interior.

Se debe a un desprendimiento de ácido carbónico cuyo efecto mecánico es de gran valor porque: impide al fluato penetrar en la piedra, en el momento preciso en que sus poros están muy obstruídos para que entre con facilidad por ellos y no obstante están lo bastante abiertos para permitir al agua, que se hubiese podido infiltrar, que vuelva a salir y se congele en el exterior, cuando la temperatura desciende por debajo de cero.

Esta particularidad que tiene la piedra, de que después de bien endurecida continúa siendo suficientemente porosa, evita precisamente el que sea heladiza. Si fuera más porosa absorbería demasiada agua, y si lo fuera menos resultaría impermeable, reteniendo el agua que, al helarse, tendería a hacer estallar la piedra.

Hemos dicho que el fluosilicato introducido en una caliza se convierte en piedra insoluble; veamos la reacción que explica este resultado. Tomemos, por ejemplo, el fluato de alúmina y hagamos que actúe sobre la caliza; se tiene en primer lugar:

$$2\,Fl_4Si + Fl_3Al + 4\,CO_3Ca = 2\,SiO_2 + 4\,Fl_2Ca + 4\,CO_2 + Fl_3Al$$

fluosilicato de alúmina — piedra caliza — sílice — espatoflúor — ácido carbónico — fluoruro de alum.

El fluoruro de aluminio, en el momento de producirse, se disuelve en el agua y ataca la caliza para producir alúmina y fluoruro de calcio (espatoflúor), según la reacción siguiente:

$$2\,Fl_3Al + 3\,CO_3Ca = Al_2O_3 + 3\,Fl_2Ca + 3\,CO_2$$

fluoruro de aluminio — caliza — alúmina — espatoflúor — ácido carbónico

Puede suceder que una parte del fluoruro de aluminio no sufra esta descomposición, porque siendo muy inestable, pasa rápidamente a un estado isomérico en el que es insoluble y muy duro; pero el resultado mecánico es el mismo.

Se ve que la sal muy soluble, introducida en la piedra, se fija a ésta en forma absolutamente insoluble, que ni la lluvia, ni la helada, ni el calor, pueden ya expulsar.

El fluato de zinc da sílice, espatoflúor y carbonato de zinc, todos sólidos e insolubles. El fluato de magnesia deja sílice, espatoflúor y fluoruro de magnesio, también insolubles.

Todo ello puede comprobarse fácilmente, pues si se filtra una disolución de fluosilicato a través de una placa de caliza porosa, no pasa más que agua pura.

La fluatación ha demostrado un hecho bastante curioso, relativo a la constitución de las calizas de granos, a saber: que están constituídas por granos relativamente muy duros e impermeables, unidos por un cemento muy suelto y poroso. Este cemento es el que atraviesa y consolida el fluato, dejando intacto todo lo que no tiene necesidad de ser endurecido. Lo prueba el que una piedra cuya superficie fluatada no produce efervescencia con los ácidos diluídos, la determina nuevamente al quitarle una película insignificante que corta los granos, pero esta efervescencia cesa en seguida, pues los granos no son permeables y el cemento se encuentra ya saturado.

Esta circunstancia determina una economía de fluato.

Efectos decorativos de coloración que pueden obtenerse por fluatación.—Cuando se empapa una piedra caliza con una disolución de un fluosilicato coloreado, como el fluosilicato de cobre, el endurecimiento se verifica lo mismo que con los fluosilicatos incoloros que hemos mencionado anteriormente, y no quedan en la piedra más que cuerpos insolubles, sílice, espatoflúor, y un óxido: que en este caso es el de cobre. Solamente que, como en este caso el óxido es coloreado, la piedra queda teñida con una materia indeleble.

Este teñido descubre su estructura interna que no era visible antes. Las partes blandas adquieren un color vivo, las que lo son menos quedan más pálidas, y los nudos marmóreos, compactos y cristalinos no se tiñen lo más mínimo.

Estas diferencias de coloración, estos matices, son ordinariamente muy finos de dibujo y limpios de contorno, no se podrían reproducir a mano, y producen el efecto de que se contempla una piedra natural; de ahí el valor artístico de este procedimiento. Por lo demás, estos matices y efectos continúan interiormente, se ven en corte en los ángulos, y la rotura o raspado de la piedra no le devolverían el color primitivo.

Se pueden realzar estos efectos que, después de todo, sólo constituyen degradaciones de una sola tinta, combinándolos con otros colores y con el auxilio de ciertos artificios.

Uno de los medios más sencillos es la alisadura que ya hemos explicado. Esta se completa con un pulimento, sin el cual la piedra no adquiriría mucho precio.

Se ha visto que, para obtener la alisadura, se rellenan las cavidades superficiales de la piedra con una pasta—procedente del desgaste o del aserrado de la misma piedra,—pasta que luego se endurece al mismo tiempo que las partes próximas de la piedra, mediante un fluosilicato.

A esta pasta se incorporan otros colores, como el negro de humo, bermellón, azul de Prusia o cualquier otro polvo que resista a los ácidos; después se procede a su endurecimiento como ya se ha dicho. Este endurecimiento puede prolongarse substituyendo el fluosilicato coloreado por un fluosilicato ordinario incoloro.

Se obtiene así un color que destaca de los otros y cuyos efectos, vivos y variados, son a veces muy agradables. Ciertas calizas conchíferas y de huellas alargadas o de granos concéntricos producen, con este tratamiento, efectos muy bonitos.

Se emplean: para obtener el color obscuro y el amarillo obscuro los fluosilicatos de hierro y de magnesia; para el azul verdoso, el fluosilicato de cobre; para el verde gris, el fluosilicato de cromo; para el violeta, el fluosilicato de cobre, seguido de una impregnación de cianuro amarillo; los amarillos se obtienen dando, después de la capa de fluosilicatos de zinc o de plomo, otra de cromato o de ácido

crómico; los negros, lavando con un sulfuro (el sulfhidrato de amoníaco) después del endurecimiento con fluosilicato de plomo o de cobre; etc. Por último, se pueden emplear sobre la piedra misma diversos colorantes o diversos modificantes.

Como el fluosilicato de hierro endurece menos que los otros, después de algunos días se puede completar su acción con una o varias impregnaciones de fluosilicato doble; por lo demás, ocurre lo mismo con el de cobre. De todos modos, debe suspenderse la operación en cuanto aparece el color.

No terminaríamos, si nos entretuviéramos en mencionar todos los efectos que se pueden obtener de estos medios de coloración.

Los fluosilicatos se prestan muy particularmente al teñido de las piedras, en primer lugar porque penetran fácilmente en ellas y después porque no se descomponen sino en el interior; de modo que producen, por la reacción sobre la caliza, un cuerpo coloreado insoluble que ya no puede ser eliminado.

El cuerpo que se fija no es siempre un óxido; a veces es un hidrato, un carbonato o un fluoruro—susceptible, a su vez, de modificación de color por otro reactivo—que, siendo aquél fijo, lo será él también.

Por los medios que acabamos de indicar se pueden obtener, con muy poco coste, calidades de mármoles o de piedras caras para chimeneas, hogares, revestimiento de vestíbulos o de escaleras, hornos de loza, vasos decorativos, balaustres y barandillas de escaleras, zócalos, basamentos, losas, relojes, ornamentos arquitectónicos, bañeras, fregaderos, baldosas impermeables para adornar o proteger los muros, etc.

Se ven, pues, los innumerables recursos de que permite disponer el procedimiento de la fluatación, especialmente para el estatuario y el escultor arquitectónico.

Así es que apenas apareció se hicieron numerosas aplicaciones; la nueva casa de Correos de París fué una de las primeras.

Primeramente se llamó *fluosilicatación,* pero los que lo aplican, por abreviar, no han tardado en transformar esta palabra en *fluatación,* que hemos adoptado también porque se distingue mejor de silicatación.

Aplicación sobre enlucidos.—Todos los enlucidos a base de cal grasa o hidráulica se endurecen, como las calizas, por la fluatación.

Es mejor dejar siempre que se haga el fraguado bajo las influencias del agua y del ácido carbónico antes de fluatarlos.

Así resultan más duros, más impermeables al agua y más tenaces.

Se puede alisarlos y también, si se hacen con una mezcla de arena caliza en vez de silícea, pulimentarlos.

En estos últimos tiempos se ha llegado a hacer con ciertas cales

hidráulicas, enlucidos decorativos que simulan muy bien el grano de la piedra labrada y que se pueden moldurar como el yeso. La fluatación aplicada a estos productos termina de asimilarlos a verdaderas piedras.

APLICACIÓN SOBRE REVOQUES.—Lo que acabamos de decir de los enlucidos se aplica también a los revoques. Haremos observar para ambos que si todo su espesor no queda bien fluatado, podrían despegarse de los muros (como si no se hubieran fluatado) por la acción alternativa del agua y de las heladas. Esta observación se aplica también a los cementos.

APLICACIÓN SOBRE CEMENTO.—Los cementos y las piedras aglomeradas con cemento reciben preciosas modificaciones por la fluatación.

La aplicación más general y la más indicada consiste en su *quemado.*

Se sabe que todos los elementos contienen álcalis cáusticos; los obreros que los manejan tienen a menudo ocasión de convencerse de ello, pues los álcalis no sólo levantan la piel de las manos sino que también impiden que el enlucido y la pintura al óleo se adhieran a las superficies cementadas.

Para obviar este inconveniente, se empleaba antes un medio bárbaro: se lavaban con ácidos clorhídrico y sulfúrico para que, por saturación, se neutralizasen los álcalis. Pero estos ácidos no circunscriben a esto su acción, pues saturan también la cal y desagregan más o menos profundamente su espesor. Además, forman sales alcalinas y de cal, solubles, que quedan en la masa y atacan los colores por debajo. Finalmente el manejo de los ácidos es peligroso para los obreros y las manchas agujerean la ropa.

Los agentes que deben emplearse en estos casos son los fluosilicatos precisamente, sobre todo el de magnesia. Este, en vez de desagregar el cemento, lo consolida, lo endurece y aumenta, si cabe, su impermeabilidad. Hace insolubles los álcalis en lugar de formar con ellos sales higroscópicas y basta él solo, casi siempre, para uniformar el matiz. No debe emplearse otra substancia.

Pero no es sólo para el *quemado* que deben emplearse los fluosilicatos sobre el cemento, sino también para el endurecimiento.

Los cementos bien preparados no dan paso al agua. En este estado, los fluosilicatos no pueden obrar sobre ellos más que superficialmente y no son indispensables. Pero es raro que los cementos de fraguado rápido tengan este grado de impermeabilidad y aun sucede que, los de fraguado lento un poco viejos, dejan algo que desear en este punto o que ciertas partes—por no estar tan bien hecha la mezcla—resultan menos porosas que el resto de la superficie. En este caso, una impregnación de fluosilicato a 20 ó 40° Bé, hasta que se sature el cemento, restablece la homogeneidad al mismo tiempo que contribuye a uniformar el matiz.

Los fabricantes de piedra artificial, en bruto o moldeada, para baldosas, estatuas, etc., utilizan ya, con éxito, los fluosilicatos para apresurar y complementar el endurecimiento de su superficie externa y de sus aristas.

Para fluatar el cemento, una vez que está seco, se enluce mediante un pincel, con fluato de magnesia hasta saturarlo; la concentración del fluato se determina por un ensayo previo, hecho en el lugar de la obra.

El fluato debe diluirse bastante para que pueda penetrar en el cemento fácilmente y a bastante profundidad. El fluato de magnesia a 20° basta ordinariamente: sin embargo, si penetrara con dificultad, habría que agregar agua, pues importa que se introduzca lo más posible para saturar los álcalis que son causa de que se disuelva el aceite de la pintura que se aplica después.

Después se deja secar unas doce horas.

Cuando está seco, se prueba con la lengua si la superficie del cemento *(que generalmente ha quedado blancuzca)* tiene el sabor característico del fluato empleado. *También se puede probar con papel reactivo de tornasol, que se oprime con una muñeca o con cualquier otro objeto seco sobre la parte fluatada; el papel debe enrojecerse, si está bastante fluatada la superficie.*

Si no se notase el sabor o si el papel de tornasol no se enrojeciese, sería menester dar otra mano de fluato hasta que por uno u otro medio, después de seca la superficie, se reconociese que el cemento está saturado.

Después se lava con agua abundante, se deja secar y se pinta al óleo.

La pintura al óleo aplicada en estas condiciones se adherirá infaliblemente.

Si solamente se trata de endurecer el cemento, no tienen tanta importancia estas precauciones.

FLUATACIÓN DE CUBAS DE CEMENTO.—Ciertas industrias emplean cubas cementadas para contener líquidos que las atacan más o menos rápidamente.

En este caso están los recipientes de fermentación del mosto y los depósitos para el aceite.

Estos productos corroen el cemento: el aceite se infiltra y se pierde; el vino se satura y se echa a perder.

Empleando los fluatos de alúmina y de magnesia se da más resistencia al revoque de cemento, éste no es atacado tan fácilmente por los ácidos y el vino no se avinagra.

Empleando, con el cemento, caliza o materiales blandos (como el sulfato de barita, el mármol, el espatoflúor) en vez de arena, y endureciendo después con los fluosilicatos, se obtienen superficies que se pueden alisar y pulimentar.

Estos productos, eminentemente decorativos, tienen sobre el estuco la gran ventaja de soportar todos los lavados y resistir la intemperie.

APLICACIÓN SOBRE BARROS COCIDOS.—Presentan éstos demasiada variedad de composición para que la aplicación de los fluosilicatos pueda producir el mismo efecto en todos los casos.

Sin embargo, todos los que son porosos son también sensibles a su efecto; esta sensibilidad es tanto mayor, en general, cuanto más fina es su textura y más caliza la arcilla con que están fabricados o cuanto menos se han cocido. El fluosilicato doble obscurece el color de las baldosas rojas para solar y las endurece.

Modernamente, se fabrican de barro cocido y moldeado muchos ornamentos estatuarios, balaustradas, figuras, etc.; pocas veces estos barros pueden resistir la acción de la humedad y de las heladas.

Hemos comprobado personalmente que ciertos barros adquieren, por la imbibición de fluosilicatos, las cualidades de resistencia que les faltan.

Para los barros mal cocidos se emplea un fluato especial: el *fluato arcilla,* que no sólo los endurece cuando están mal cocidos, sino también cuando se trata de barros sin cocer.

Debemos, no obstante, observar que la acción de estos agentes sobre los barros cocidos no es la misma que sobre las calizas. Depende siempre de su composición, y como ésta es muy variada, es imposible prever el efecto a priori.

Cada fabricante deberá atenerse, en este particular, a su propia experiencia.

FLUATACIÓN DE ARENISCAS.—Las piedras poco o nada calizas, como son las areniscas blandas y porosas, deben, para ser endurecidas por fluatación, tratarse de la manera siguiente:

Se empapan bien con el fluato preliminar de 6 a 15° Bé, según la porosidad de la piedra. Después se dejan secar durante 24 horas y se tratan dos veces con fluato doble a 40° Bé, con un intervalo de doce horas. En conjunto tienen lugar, pues, tres tratamientos.

IMPERMEABILIZACIÓN.—La fluatación da a la piedra blanda un endurecimiento considerable, pero no obtura sus poros de una manera absoluta. La capa de fluosilicato ácido de alúmina tiende mucho a este resultado, pero no lo alcanza del todo. Si se quiere conseguir la impermeabilización completa, es preciso enlucir la piedra con un encáustico compuesto de un litro de esencia de petróleo y 75 gramos de cera blanca.

Para preparar este encáustico se funde primeramente la cera y se retira del fuego; después, cuando se empieza a enfriar, se echa el petróleo y se remueve; si se produce mucho poso al enfriarse, se agrega un poco de petróleo. En el instante en que vaya a emplearse, se licúa el encáustico calentándolo al baño maría.

Otro procedimiento consiste en enlucir la superficie de la piedra con parafina o con cera fundida; después se frota y se pule.

También puede procederse de la manera siguiente: con un enlucido compuesto de cerusa y litargirio se hace una raedura sobre toda la superficie de la piedra, es decir, un ancho enlucido con cuchillo; se rellenan bien los poros y después de seco el enlucido, se pasa la piedra pómez con agua. Dentro de su sencillez, es un procedimiento excelente.

MARMOREÍNA

Endurecimiento del yeso.—Como hemos visto al tratar del estuco, se aumenta la consistencia del yeso con la adición de cola, pero este procedimiento no conviene más que para los interiores. Otro medio consiste en añadir al yeso $^1/_{16}$ de su volumen de alumbre y $^1/_{16}$, también en volumen, de sal amoníaco (cloruro amónico).

En un informe, presentado a la Sociedad central de arquitectos de París en 1891, dice Boussard, al tratar del producto Vallin y hablar de la poca dureza del yeso y de su desagregación por el agua y el aceite:

«El único remedio que conocíamos hasta la fecha, para obviar estos inconvenientes, era el empleo de la pintura al óleo o la adición de cola al yeso para formar el estuco.» Ambos medios eran caros y su eficacia relativa.

El ingeniero señor Vallin pone hoy a nuestra disposición un procedimiento muy sencillo y barato para resolver este doble problema; para llegar a este resultado, basta inyectar en el yeso, cualquiera que sea la forma de su empleo, un líquido especial, llamado *marmoreína,* cuyo secreto guarda el inventor. Sin embargo, en su folleto, indica que contiene 75 °/₀ de ácido bórico.

Este líquido no es, evidentemente, más que una sal soluble cualquiera que forma con el yeso un compuesto químico de tal dureza que equivale a un paramento de piedra dura o más bien a un revestimiento de estuco.

Para ejecutar este trabajo, emplea Vallin un cilindro—análogo a los aparatos extintores llamados *matafuegos,* envuelto de franela—el cual contiene el líquido a unos 100°; con auxilio de una bomba de aire maniobrada con la mano izquierda por el obrero (que lleva este cilindro a la espalda), se comprime el líquido, proyectándolo sobre los enlucidos mediante un tubo de caucho provisto de una piña de regadera que el obrero maneja con la mano derecha.

Este líquido es absolutamente incoloro y no deja ningún vestigio en los enlucidos, los cuales conservan su coloración primitiva, que puede modificarse luego como se crea conveniente.

Personalmente, hemos empleado este procedimiento sobre superficies considerables y el resultado obtenido es absolutamente satisfactorio, pues cuanto más envejecen los enlucidos, más dureza adquieren.

En la Caja nacional de ahorro (calle Saint Romain) hemos aplicado este procedimiento sobre un estuco imitación piedra, y para obtener mejor resultado, hemos tenido cuidado de apomazar con papel de vidrio los enlucidos de yeso que en la práctica el albañil siempre deja rugosos.

El producto de Vallin tiene, además, la ventaja de hacer imputrescible y, por lo tanto, aséptico al yeso, fenómeno comprobado químicamente, al parecer, en los hospitales de París, donde se hicieron ensayos de demostración muy concluyentes.

APLICACIÓN SOBRE LOS YESOS QUE SE DEJAN EN BLANCO.—Después de bien seco y limpio el yeso, se aplica el mencionado líquido *en completa ebullición,* con un pincel o brocha o con una *bomba inyectora.*

Las cerdas del pincel deben estar siempre cargadas de líquido y se debe repasar por el mismo sitio hasta que el yeso quede saturado, es decir, hasta que no se pueda rayar con la uña.

El empleo de la bomba inyectora conviene para grandes superficies, pues estando el recipiente envuelto con franela o con estopa, conserva calientes los diez litros hasta el final de su empleo y además permite penetrar en las anfractuosidades mejor que con el pincel. Cuando la aplicación se hace con el pincel, es conveniente mantener el recipiente sobre el fuego y no sacar de él, cada vez, sino uno o dos litros, a fin de evitar el enfriamiento.

Si el yeso es malo, conviene aplicar una segunda capa, cinco o seis horas después de la primera mano; esta segunda capa sirve para completar el efecto de la primera y se aplica del mismo modo que ella.

Si el yeso es muy malo pero no se quiere dar más que una capa, se podría preparar el líquido aumentando 50 % la dosis del producto, disuelto en 10 litros de agua.

Cuando el yeso, por su mala calidad, ha absorbido gran cantidad de líquido, puede suceder que aparezcan sobre la superficie, al cabo de varias horas, algunas eflorescencias que se quitan fácilmente lavando con agua templada. El salitre que pudiera encontrarse en los muros sale a la superficie, en forma de polvo impalpable, y se quita de la misma manera; el endurecimiento no sufre con ello.

Los yesos muy malos se endurecen tanto como los buenos, pero los primeros absorben más líquido. Los yesos coloreados con ocre por los albañiles, también se endurecen con la marmoreína, pero como que el ocre introducido altera la calidad del yeso, se requiere mayor cantidad de líquido.

Lo mismo pasa con la arena-mortero coloreada.

La *marmorización* no es ni un enlucido ni una pintura, sino una imbibición, por lo que antes de su empleo es necesario quitar todos los revoques y pinturas antiguas.

Un obrero puede endurecer 100 m² en 10 horas.

El producto, en botes, se conserva indefinidamente; cuando queda marmoreína líquida, los cristales se solidifican y es menester volver a poner al fuego el recipiente, para emplearlo de nuevo. Este líquido no quema la ropa, bastando acepillarla para quitar las manchas que se produzcan; de las vidrieras, revestimientos de madera y entarimados se quitan las salpicaduras con una esponja mojada en agua caliente.

Los ornamentos de cartón-piedra, staffs, etc., se tratan de la misma manera, pero es necesario quitarles, primero, el aceite o la cola que haya dejado el moldeo.

Los bustos, estatuas, altorrelieves y bajorrelieves cuya capa de yeso sea muy delgada deben tratarse con miramiento, y no es prudente emplear la marmoreína sino a $^1/_2$ dosis para 10 litros de agua y dando dos capas de este líquido, pero menos caliente: a 60 ó 70°.

Cuando se quiere pintar al óleo o a la cola sobre yesos marmóreos (lo que asegura la duración de esta pintura y permite, a vecès, economizar una capa) *es necesario aguardar a que la marmorización esté completamente seca y limpiar bien el yeso, para quitar las eflorescencias producidas por el exceso de sales.*

TEÑIDO DE LOS YESOS.—Con una caja de 1 Kg se pueden teñir de 200 a 600 m². Para dar a los enlucidos de yeso el aspecto de la piedra, lo que se hace generalmente en los revoques exteriores, se prepara un baño especial del modo siguiente:

En un recipiente cualquiera, se echa la cantidad de agua que se juzgue necesaria, a la cual se agregan 5, 10, 15 ó 20 gr del color y otros tantos de blanco de Meudon pulverizado, se deslíe bien el conjunto y se agrega la marmoreína líquida hirviendo, en cantidad igual a la de agua, lo que templa el conjunto.

Después de haber apomazado y quitado bien el grano al yeso que se quiere teñir, se baña éste a mano con una esponja, lo más uniformemente posible, pasándola horizontal y verticalmente sin apretar mucho.

La esponja debe estar siempre igualmente empapada y debe agitarse el líquido, cada vez que se mete la esponja.

Se puede variar el color, agregando algunas gotas de colores diversos e incluso de tinta roja o azul.

Cinco o seis horas después del teñido, se procede al endurecimiento de la misma manera que si el yeso fuese incoloro.

Este teñido no penetra ni tiene espesor y por lo tanto no obstruye las molduras ni los perfiles y *las superficies pueden seguir respirando.*

Cuando el revoque está dividido en hiladas, por medio de falsas juntas o rehundidos, este teñido imita bien la piedra, pero en las grandes extensiones sin rehundidos pueden quedar aparentes las uniones del yeso.

El pulimentado no debe realizarse más que sobre piedras no teñidas por la marmoreína, pero puede efectuarse en los revoques teñidos en la pasta por el albañil.

Reciente todavía la marmorización del yeso, se apomazan vigorosamente los enlucidos con un pedazo de mármol o de cristal pulimentado, humedecido constantemente con marmoreína caliente; después se frotan estas mismas superficies con franela blanca, ligeramente embebida en cera blanca fundida.

El lustre se obtiene frotando las superficies con una franela blanca, antes de que la marmorización esté completamente seca.

La marmoreína también se puede aplicar sobre las piedras.

Aplicación sobre el cemento y los enlucidos de mortero. — Con una dosis de 5 litros se endurecen de 8 a 10 m^2 de superficie. Para los enlucidos de cemento o de mortero se aplica en frío, con pincel o con una esponja, una primera mano de marmoreína a concentración mitad de la normal y a las veinticuatro horas una segunda mano de marmoreína a concentración normal. Los cementos y morteros deben estar bien secos, antes de la marmorización.

Dos o tres días después de la segunda mano, se puede pintar al óleo sobre los cementos o impermeabilizarlos.

Se comprueba que la acción sobre el cemento es suficiente ya, para poder recibir y retener la pintura al óleo, aplicando sobre él un trozo de papel de tornasol humedecido. Si el papel se enrojece, o por lo menos adquiere color rosado, se puede pintar sin temor; en caso contrario, sería necesario volver a empezar la operación, forzando la dosis de agua de la primera capa.

Para los enlucidos de mortero magro, es decir, cuando domina la arena siliciosa, se empezará dando una capa preparatoria de líquido diluído y veinticuatro horas después se marmoriza con dos manos del modo antes explicado.

Aplicación sobre piedras calizas.—En la práctica, se comprueba que una piedra es caliza echando algunas gotas de marmoreína pura sobre un punto cualquiera; si se produce efervescencia la piedra es caliza.

Con la mayor parte de las piedras calizas, es menester operar como con los cementos, es decir, dar una mano de marmoreína a concentración mitad, luego una segunda mano a concentración normal, y si se quiere obtener un endurecimiento muy enérgico, una tercera mano de marmoreína doble, triple o cuádruple; cada capa

debe secarse antes de aplicar la siguiente y la piedra debe limpiarse bien antes de aplicar la primera mano.

Sin embargo, para algunas piedras muy blandas, la concentración de la primera capa debe reducirse al tercio o cuarto. En tesis general, esta primera mano debe ser bastante diluída en agua para que su aplicación no produzca efervescencia.

En la mayor parte de los casos, para obtener un resultado excelente aconsejamos proceder como sigue: *se empapa bien la piedra con un pincel o con una esponja (después de una limpieza previa) con tres manos, teniendo cuidado de dejar secar cada mano antes de aplicar la siguiente,* y empleando la concentración siguiente:

primera	mano, marmoreína a	concentración	mitad,
segunda	» »	»	normal,
tercera	» »	»	doble.

De todos modos, con las dos primeras manos se obtiene ya un resultado muy apreciable.

Es conveniente no operar más que con una parte pequeña de líquido, que se echa en una escudilla, y lavar ésta con agua, cada vez que haya de llenarse de nuevo; así se evita el depósito que el pincel produce en el fondo de la vasija.

Los anillos del pincel no deben ser metálicos.

Al revés de lo que sucede con el yeso, la piedra no se endurece sino al secarse; las marmorizadas absorben 80 $^{0}/_{0}$ menos de agua que las no marmorizadas, lo que les permite *respirar* y desprender libremente el agua de cantera o la higrométrica.

Ciertas clases de piedras adquieren un tinte algo amarillento con la marmoreína; para eliminar esta coloración basta, después de la desecación, apomazar ligeramente la piedra con papel de esmeril, pues es superficial únicamente.

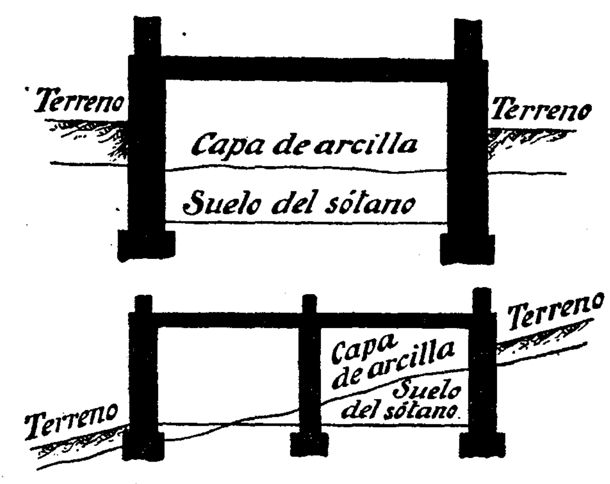
Aplicación sobre piedras silíceas, tobáceas y areniscas.—El endurecimiento de estas piedras se opera de la misma manera que el de las piedras calizas, pero es necesario darles además una mano de *líquido preparatorio* a la densidad conveniente.

Sobre algunas tobas la aplicación previa de este líquido preparatorio ataca la estructura íntima de la piedra, produciendo manchas poco agradables a la vista; este inconveniente se evita invirtiendo el orden de aplicación, es decir, dando la mano de líquido preparatorio después de la marmorización y secado.

Con las tobas de Saumur se ha obtenido muy buen resultado dando una primera mano de marmoreína de concentración normal, luego otra de marmoreína y por último una tercera mano de líquido preparatorio puro.

AVENAMIENTO

Casos prácticos.—No vamos a ocuparnos del avenamiento propiamente dicho, cuya función es eliminar del terreno las aguas estancadas que perjudican las raíces. Estudiaremos solamente los medios de dar salida a las aguas que, según la composición y formación de los terrenos, pueden inundar los sótanos y producir graves accidentes en las construcciones.



Figs. 452 y 453.—Terrenos defectuosos.

El exceso de agua de un terreno puede tener dos orígenes distintos: o procede de las lluvias que caen directamente sobre dicho terreno o bien de las corrientes subterráneas que puedan existir en el mismo. En ambos casos, cuando el agua corre sobre una capa impermeable (de arcilla por ejemplo) es necesario, si la construcción desciende hasta un nivel inferior al de esta capa, canalizar las aguas para que se alejen, siguiendo la pendiente natural del terreno; si la construcción está en un punto bajo, habrá que conducir las aguas a una capa absorbente, valiéndose de un pozo.

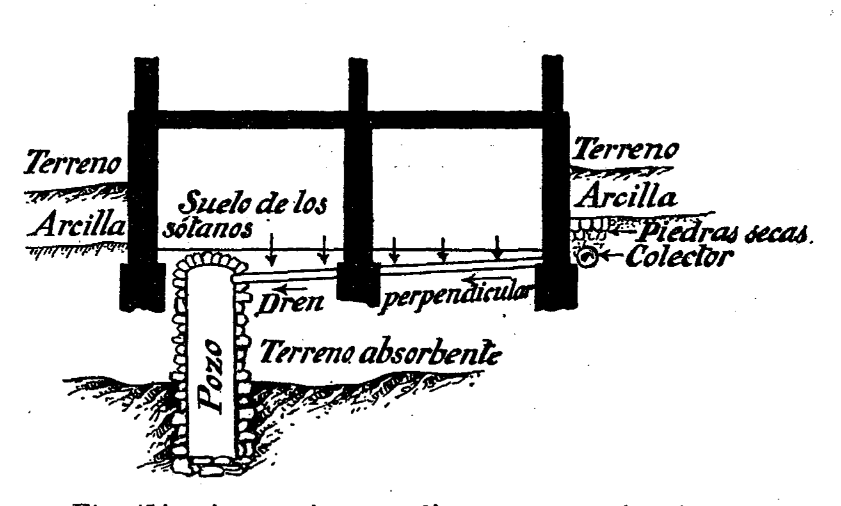


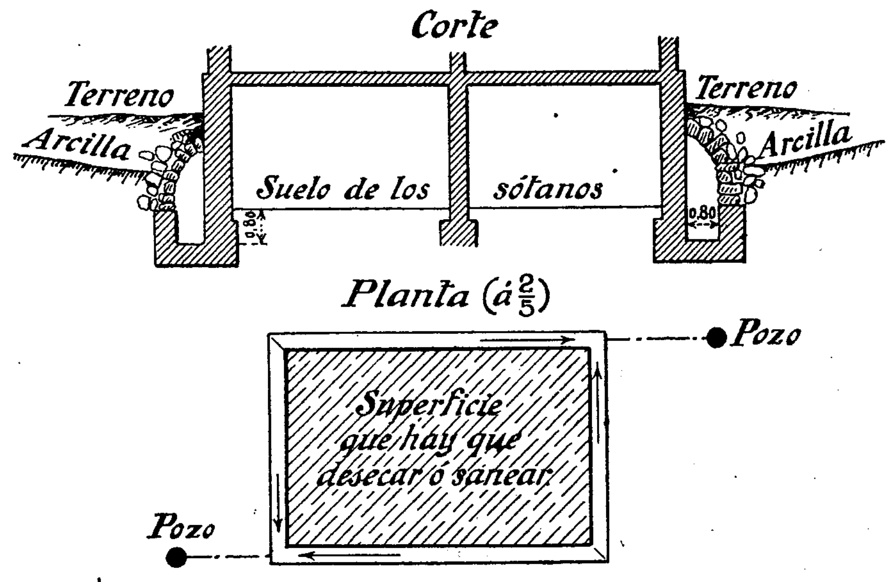
Fig. 454.—Avenamiento mediante un pozo absorbente.

En construcción se presentan dos casos con frecuencia: primero, terreno horizontal con capa impermeable por encima del pavimento de los sótanos (fig. 452); segundo, terreno en ladera, con capa geológica impermeable más alta que el pavimento de los sótanos en la parte elevada del terreno y más baja en la parte opuesta (fig. 453).

En el primer caso, está muy indicada la apertura de un pozo absorbente, a menos que sea posible canalizar las aguas con poco gasto, por causa de la proximidad de un valle. Si no se dispone de este recurso se hace un pozo y se conducen las aguas de la manera que indicamos en la figura 454.

En el segundo caso, se deben recoger las aguas por un canal parcialmente absorbente en la parte alta, con conductos laterales que conduzcan las aguas a puntos más bajos que los cimientos (figuras 455 y 456).

Insistimos en el hecho de que es mejor, si se quiere obtener un resultado práctico, facilitar sencillamente la evacuación de las aguas



Figs. 455 y 456.—Avenamiento mediante colectores.

y no recurrir nunca a los enlucidos protectores, que pueden dar buen resultado durante cierto tiempo, pero en los que pronto aparecen filtraciones que son molestas y comprometen a veces la seguridad.

ALUMBRADO DE LAS OBRAS, ENCERADOS, DESECACIÓN

Alumbrado de las obras.—El alumbrado se hace con aceite o con petróleo, según las localidades. Está destinado principalmente a impedir los accidentes que pudieran producir los montones de materiales depositados en la vía pública, junto a la construcción.

Este alumbrado es obligatorio en las ciudades; a veces, se encarga de él un contratista especial, alumbrando las obras, depósitos o trabajos con pequeñas linternas. Esto constituye para el constructor una especie de seguro, puesto que cualquier reclamación que se le dirija la traslada al contratista del alumbrado y estará por lo tanto absolutamente a cubierto.

Encerados.—Se emplean para cubrir provisionalmente en los trabajos de reparación, las partes delicadas que quedarían a la intemperie o bien en las obras nuevas, para proteger los yesos y la fábrica contra la lluvia.

Muy a menudo, por negligencia o por economía mal entendida,

no se hace uso de estos encerados o impermeables, economizando una cantidad muy pequeña, pero en cambio los forjados se mojan, las maderas se empapan, todos los techos pintados al temple sobre forjados húmedos han de rehacerse, los empapelados se estropean, pues no pueden protegerse de un modo perfecto, etc.

En ciertas obras importantes, en las que hay que trabajar en reparaciones durante el mal tiempo, no basta emplear encerados, sino que conviene encerrar el recinto de la obra con un entramado que se rellena con paredes de tablas (unidas por recubrimiento o con cubrejuntas) y dejando vidrieras suficientes. Entonces, puede caldearse y alumbrarse la obra y trabajar a pesar del frío e incluso durante las noches, si se tiene mucho interés en ganar tiempo.

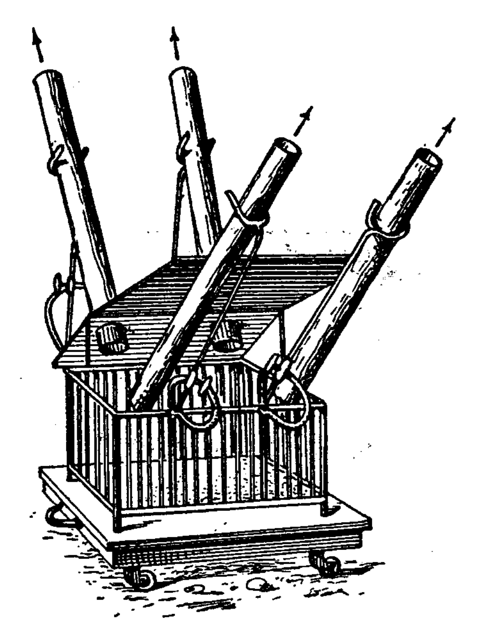


Fig. 457.—Aparato de desecación.

Desecación.—Los yesos en los edificios conservan durante mucho tiempo una humedad que, además de presentar inconvenientes desde el punto de vista higiénico, es desastrosa para los revestimientos de madera, papeles pintados y pinturas.

Cuando es posible y la cuestión de tiempo es secundaria, lo mejor es dejar secar naturalmente los yesos, lo que exige varios meses. En las construcciones nuevas es así como se procede ordinariamente, pero en las reparaciones es distinto, hay prisa por parte del inquilino o por parte del propietario.

Entonces se recurre a la desecación por medio del cok, lo que se hace con aparatos (fig. 457) que se reducen a una especie de gran brasero con tubos que conducen el calor más intenso hacia los puntos que se quieren desecar. Se necesitan unas cinco horas de caldeo continuo para calentar los yesos frescos de revoques, es decir, de mucho espesor.

CAPÍTULO V

Hormigón armado

Reseña histórica acerca del hormigón armado.
Materiales empleados.—Arena.—Cemento.—Gravilla.—Metal.
Datos diversos.—Coeficientes de dilatación por el calor, de elasticidad y de adherencia del cemento; coeficientes de resistencia a la rotura; coeficientes de trabajo.—Composición del hormigón según su destino.—Apisonado.—Moldeo.—Revoque y enlucido.
Elementos constructivos de hormigón armado.—Cimentaciones; pilotes.—Placas o losas.—Tabiques.—Muros: muros de sostenimiento.—Depósitos.—Tubos.—Pilares.—Vigas.—Viguetas.—Suelos.—Bóvedas.—Cuchillos para cubiertas.—Ménsulas.
Cálculos de resistencia.—Pilares.—Vigas con una sola armadura.—Vigas con doble armadura simétrica.

RESEÑA HISTÓRICA ACERCA DEL HORMIGÓN ARMADO

Se designa con las expresiones de *cemento armado* o de *hormigón armado* (que es la denominación apropiada) toda clase de construcción en la cual el hierro o el acero, en forma de barras, están embebidos en mortero o en hormigón de cemento, que son los que dan la forma exterior a la obra, pues la armazón metálica no queda nunca aparente.

La idea de asociar y hacer trabajar juntos el metal y el cemento es tal vez muy antigua, pero no se hicieron aplicaciones sino muy raras veces, lo que hay que atribuir, sin duda alguna, al elevado precio que tenía el hierro cuando la metalurgia no había realizado todavía los progresos que han permitido después rebajarlo considerablemente, contribuyendo a generalizar el empleo del metal.

Sea lo que fuere, lo cierto es que en la Exposición de París de 1855 figuraba una embarcación de hormigón armado, y en 1861, Coignet (1) preveía ya el uso del hormigón armado e indicaba las ventajas de esta construcción mixta, demostrando cómo podría aplicarse en la construcción de suelos, presas, diques, bóvedas rebajadas, etc.

Recordamos haber visto en la Exposición de 1867 un ejemplo de aplicación de hormigón aglomerado de Coignet: era una parte de un puente que constaba de un estribo, un arco completo de unos 10 metros, una pila y medio arco cortado por la clave y sosteniéndose al aire. Creemos recordar que estos arcos tenían armaduras metálicas

(1) E. Coignet, *Les Bétons agglomérés appliqués à l'art de construire*, Lacroix, París, 1861.

embebidas en el hormigón; de todos modos, ello constituía una demostración de los resultados que pueden obtenerse del monolitismo que permite el empleo de materiales aglomerados moldeados.

Hacía tiempo que también Monier ejecutaba obras de hormigón armado como tubos, depósitos, recipientes, etc., en las cuales el mortero de cemento aprisionaba un emparrillado o una red de nervaduras metálicas.

En 1876-77, Mazas, ingeniero de la armada, estableció las primeras bases del cálculo de estas construcciones mixtas, para el estudio de los diques de carena de Missiessy.

Aplicaciones del sistema se han hecho por los técnicos Hyatt, Jakson, Ramson, Dumesnil, Hennebique, etc., ideando sistemas particulares, algunos de los cuales son hoy de aplicación corriente.

La teoría no ha seguido los progresos prácticos. Sin embargo, los trabajos de Coignet, Durand-Claye, Lefort, Mazas, Zafra, Rivera, etc., han dado resultados que permiten tener bases de cálculo suficientes para que las dimensiones de las piezas y de las armaduras estén en relación aproximada con los esfuerzos a que están sometidas.

En resumen, a pesar de las aplicaciones muy importantes que se han hecho, el hormigón armado es un procedimiento de construcción que no tiene todavía bases de cálculo absolutamente exactas y en el cual el cemento y el metal trabajan de una manera todavía incompletamente conocida y, en nuestra opinión, esta clase de obras no debe encargarse más que a los especialistas.

MATERIALES EMPLEADOS

Arena.—La arena para emplear en el mortero destinado a las construcciones de hormigón armado, debe ser fina, es decir, que los granos han de tener un milímetro de grosor, poco más o menos. Debe ser silícea, angulosa y crujir en la mano; como toda buena arena, debe estar limpia y exenta de materias terrosas. La mejor es la arena de río.

Cemento. — El cemento portland de fraguado medianamente lento es el que, según parece, presenta mayores ventajas, pues deja durante el fraguado el tiempo necesario para que las tongadas se suelden entre sí en buenas condiciones, lo que permite no tener indefinidamente montados los moldes, cosa que resultaría necesaria si el cemento fuera de fraguado muy lento.

Gravilla.—La gravilla de cualquier tamaño, silícea y exenta de materias terrosas, es adecuada para la confección de un buen hormigón.

Metal.—El acero o el hierro dulce, por sus cualidades de elasticidad y de resistencia a la rotura, parece que deben ser preferidos.

El perfil empleado tiene poca importancia; no obstante, con los hierros redondos, más regulares de fabricación y más homogéneos, se corre menos peligro que con otros perfiles de que queden huecos en el mortero; además, aquéllos no presentan aristas capaces de cortar el cemento o los amarres metálicos.

DATOS DIVERSOS

Coeficientes.—Los *coeficientes de dilatación por el calor* del acero y del cemento son casi iguales:

para el cemento vale 0,000 0135 por grado centígrado,

para el acero 0,000 0130 a 0,000 0148 por grado centígrado;

el *coeficiente de elasticidad* del acero dulce vale 2200000 Kg/cm^2,

y el del cemento artificial de Candelot, sin armar, es de 224000; que es, aproximadamente, la décima parte del anterior.

Según experimentos hechos en el laboratorio de puentes y calzadas (París), el alargamiento del cemento no es más que de $^1/_8$ de milímetro por metro. Pero este coeficiente es muy variable, varía con la procedencia de los cementos y con su empleo y no puede darse de un modo cierto.

De los experimentos hechos en Munich por el profesor Bauschinger, resulta que el *coeficiente de adherencia* del cemento al metal alcanza a 40 ó 47 kilogramos por centímetro cuadrado.

La impermeabilidad del cemento puede llegar a soportar presiones de 20 ó 25 metros de columna de agua.

Los *coeficientes de resistencia a la rotura* por centímetro cuadrado, son:

MATERIALES	Tracción Kg/cm^2	Compresión Kg/cm^2	Esfuerzo cortante Kg/cm^2	Flexión Kg/cm^2
Cemento portland de fraguado lento	10	80 a 150	—	10 a 30
Mortero de cemento portland	13	100 a 300	26	—
Acero dulce	4500	5500	3700	5900
Hierro laminado	3800	3000	2900	4800

Los *coeficientes de trabajo* que pueden emplearse en el cálculo de las construcciones de hormigón armado, son: para hormigón que trabaje sólo por compresión, de 20 a 25 Kg por cm^2; para el hierro sometido a tracción, de 900 a 1200 Kg por cm^2; para el acero dulce sometido a tracción, de 1100 a 1400 Kg por cm^2.

Composición del hormigón según su destino.—Para los *forjados* de 8 a 10 cm de espesor, el hormigón puede componerse con 300 Kg de cemento por m^3 de gravilla y arena (estas últimas a partes iguales); para *losas delgadas,* destinadas a sostener sólo pequeñas cargas, la cantidad de cemento debe ser $^1/_5$ del volumen de arena, para *bóvedas y suelos,* $^1/_3$ del volumen de arena, o sea de 400 a 450 Kg de cemento por m^3 de arena; para *trabajos sometidos al empuje del agua,* según los espesores, dos volúmenes de cemento y tres partes de arena, o bien una parte de cemento y una de arena; para las *losas gruesas,* dos volúmenes de cemento, cuatro de gravilla o de piedra machacada y uno de arena.

Apisonado.—El hormigón debe apisonarse fuertemente por capas delgadas de 10 a 15 cm de espesor.

En las bóvedas, el tendido y el apisonado deben hacerse en la dirección del radio.

Moldeo.—El hormigón se echa en moldes de madera fácilmente desmontables. Se empieza por echar en el fondo una capa de mortero del espesor necesario; después se colocan los hierros que constituyen la armadura y que serán embebidos por el hormigón.

Revoque y enlucido.—El cemento obtenido por el moldeo presenta una superficie rugosa y un color poco agradable. Las rugosidades se disimulan fácilmente con un enlucido de cemento; el color se puede obviar reemplazando el enlucido de cemento por uno de mortero coloreado que se adhiere bien al hormigón y con el que se obtendrán los tonos deseables.

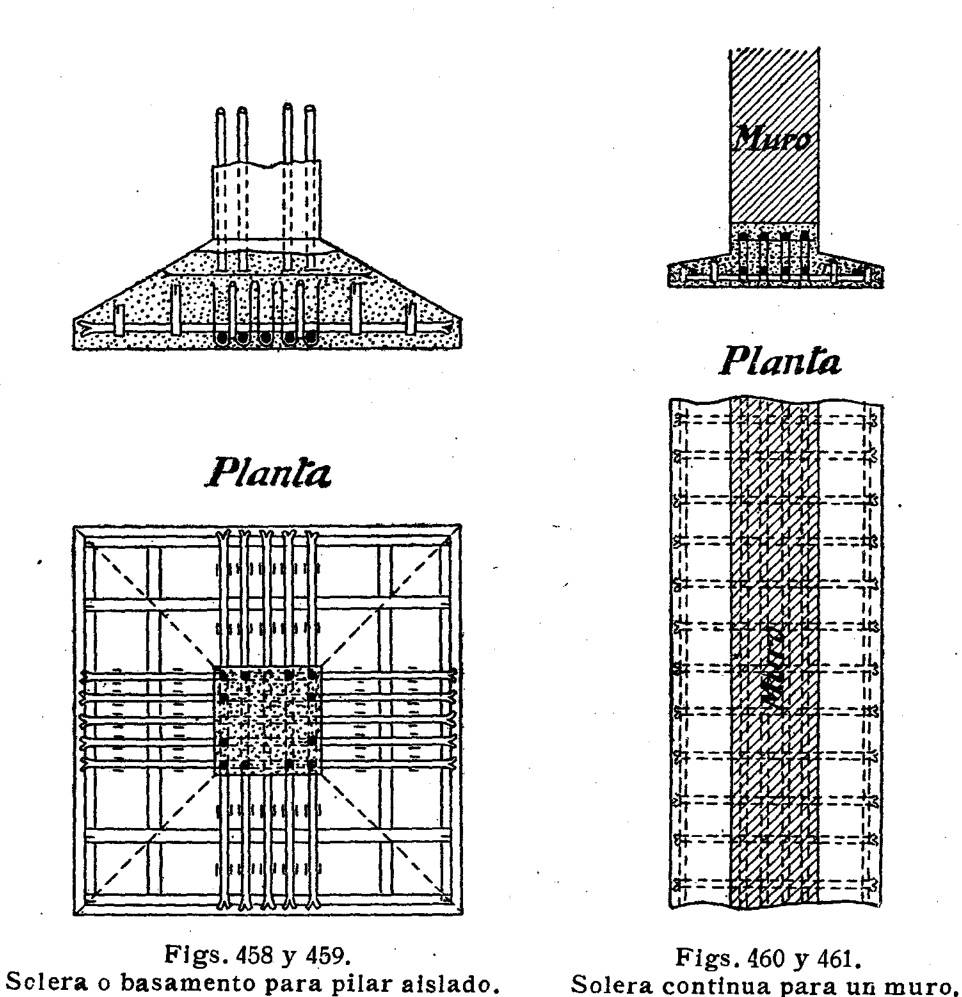
ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS DE HORMIGÓN ARMADO

Cimentaciones. — Hemos indicado en el capítulo primero los diversos medios que se emplean para remediar la falta de consistencia del terreno, y nos falta hablar sólo de las cimentaciones de hormigón armado.

Este procedimiento de construcción se presta admirablemente a la repartición de las cargas sobre una gran superficie y permite construir sobre un terreno cualquiera, a condición sólo de dar una superficie de apoyo proporcionada al grado de consistencia del terreno.

Puede procederse de varias maneras: para apoyos aislados, con un basamento de forma piramidal truncada, armado con hierros en la parte inferior (figs. 458 y 459) donde se desarrollan los esfuerzos de extensión. Estas fundaciones, como todas las de superficie, trabajan por reacción del terreno, según puede verse fácilmente invirtiendo

el sistema, pues entonces sería la tierra la que cargaría sobre la losa sostenida como una ménsula por el pilar. Para muros, el basamento será continuo, siempre con los hierros en la parte inferior (figs. 460 y 461). Si el terreno es tan poco consistente que no puede soportar la más ligera carga, hay necesidad de apoyar la construcción sobre *pilotes,* repartidos en los puntos más cargados del edificio. Estos pilotes se arman como los pilares, pero con hierros más gruesos, y sus armaduras secundarias están constituídas, como las de las vigas, para resistir la flexión lateral que puede originar el empuje de las tierras, en virtud de su diferente grado de consistencia en los diver-



Figs. 458 y 459.
Solera o basamento para pilar aislado.

Figs. 460 y 461.
Solera continua para un muro.

sos puntos. Los pilotes terminan por su parte inferior en azuches de hierro o de fundición (figs. 462 y 463) que facilitan la penetración en el terreno.

La hinca se hace con los mismos medios que para los pilotes de madera, pero teniendo cuidado de guarnecer la cabeza que recibe el golpe de la maza con un saco lleno de aserrín o de cualquier otra substancia que presente la elasticidad suficiente para evitar el efecto del choque.

Si los pilotes sostienen pilares, las armaduras de éstos pueden enlazarse con las del pilote, constituyendo un pilar único.

Si, por el contrario, los pilotes sostienen muros, están unidos por vigas que reparten sobre ellos la carga.

Por último, la cimentación puede consistir en un zampeado general, que es lo que se hace en terrenos que presentan desigualdades de consistencia, defectos y cavidades parciales (figs. 464 y 465). En estos casos, los hierros que han de resistir los esfuerzos de extensión

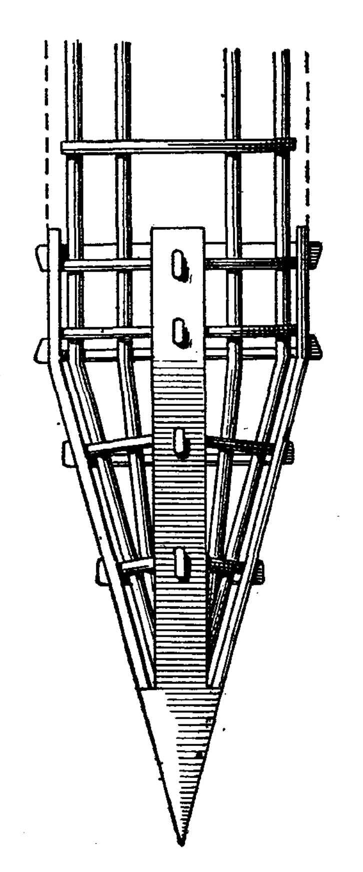


Fig. 462.
Pilote de hormigón armado con azuche de hierro.

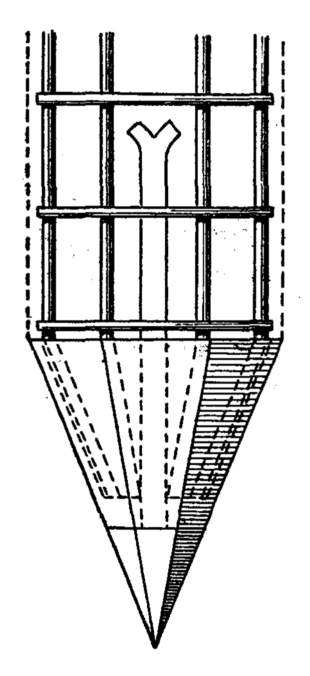
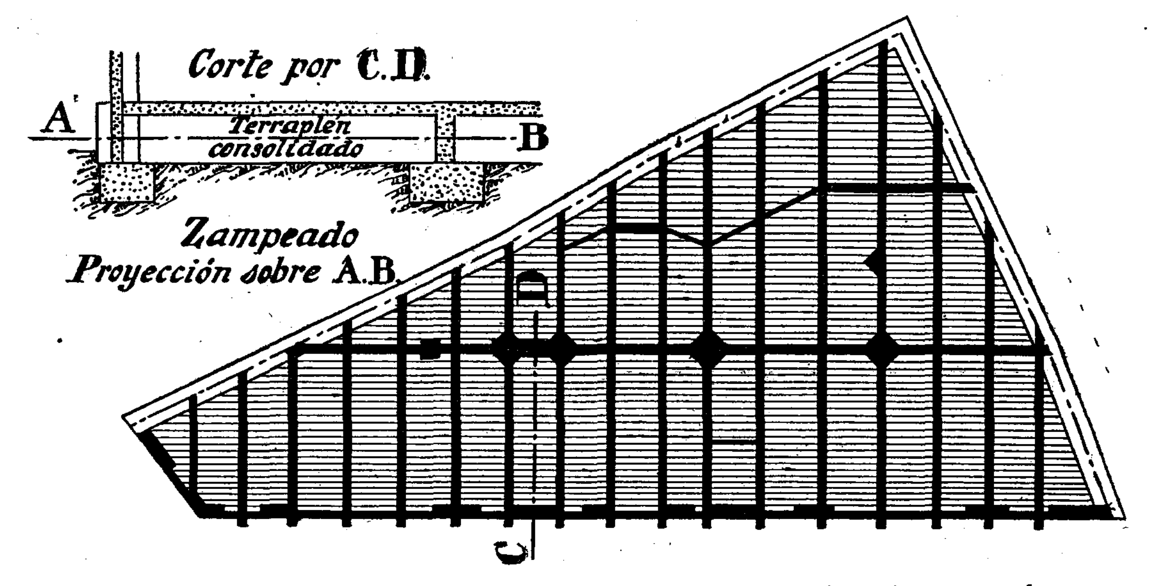


Fig. 463.
Pilote de hormigón armado con azuche de fundición.

se colocan en la parte superior, pues si se invierte el modo de solicitación, este zampeado se convierte en un suelo que se apoya en los



Figs. 464 y 465.—Cimentación sobre zampeado general de hormigón armado.

muros y sufre la presión o reacción del terreno, es decir, una carga por unidad de superficie del zampeado igual a la presión que se decidió imponer al terreno.

Ciertos constructores emplean también un zampeado general de hormigón de gravilla, de gran espesor y sin armar.

Este sistema es malo porque el hormigón no ofrece más que una resistencia mínima a la flexión y, por consiguiente, no puede repartir las cargas sobre toda la superficie. Sólo trabaja aquella porción del

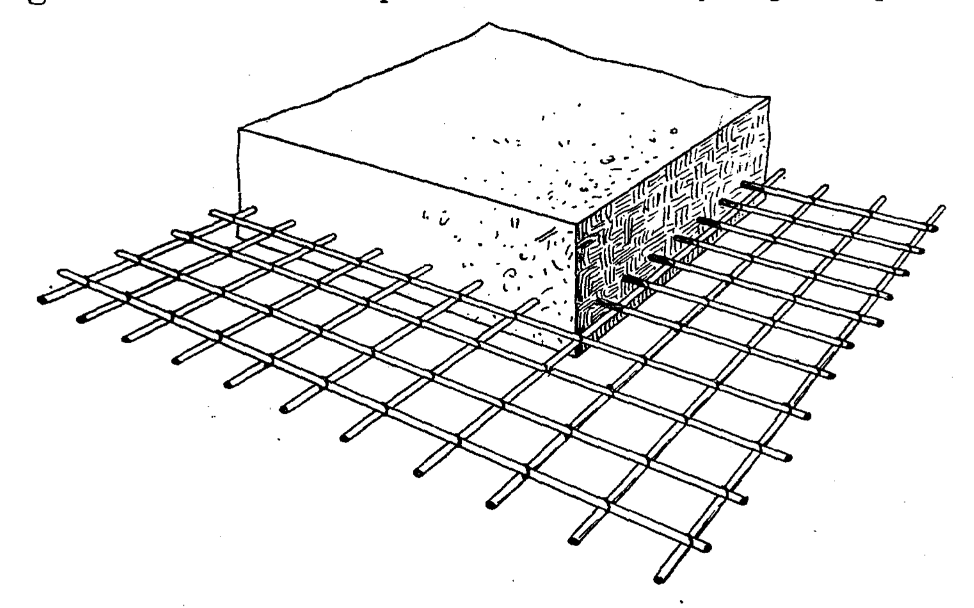


Fig. 466.—Losa de hormigón armado, sistema *Monier*.

zampado en que asientan directamente los muros; el resto de su extensión es inútil. También se hace a veces un zampeado general con hierros embebidos en el hormigón, pero resulta un volumen considerable de éste y creemos que hay más seguridad y también economía procediendo como se ha indicado anteriormente.

Placas o losas.—Pueden utilizarse para cubiertas de depósitos, enlosados, forjados de pisos y también en substitución de

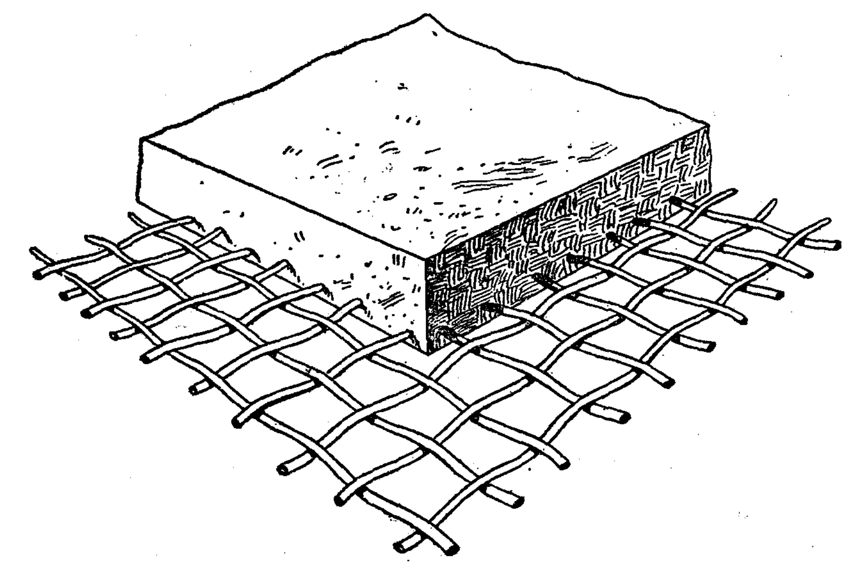


Fig. 467.—Losa de hormigón armado, sistema *Cottancin*.

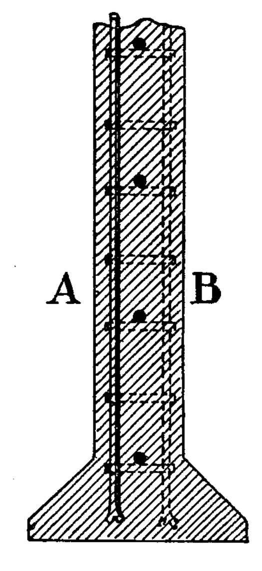
losas de piedra, placas de fundición o chapas de palastro estriado.

Pueden ser caladas, presentar en la superficie un cuadriculado.

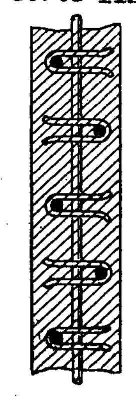
llevar embutidas losetas de vidrio, etc., adaptándose a todos los usos.

Se hacen con mortero de cemento y a veces con hormigón, cuando son de gran espesor y no es necesario que sean impermeables.

La construcción de las losas es bastante sencilla: sobre una capa de mortero extendida en un molde, se coloca un emparrillado metálico, ligando las varillas con alambre según el sistema Monier (fig. 466), o tejiéndolas sin ataduras por el sistema Cottancin (fig. 467); después se rellena el molde con hormigón, que se apisona y enrasa cuidadosamente con la regla.



Corte A.B.



Figs. 468 y 469. Tabique de hormigón armado, sistema *Hennebique.*

Tabiques.— «En los tabiques de hormigón armado, dice Lavergne, hay que considerar varios casos:

»*a)* Tabiques ordinarios cargados verticalmente, tales como los tabiques de las casas de habitación.

»*b)* Tabiques que soportan empujes por un solo lado, como son los muros de sostenimiento de tierras.

»*c)* Tabiques sometidos a empujes que actúan de un lado o del otro de la pared, como son los tabiques que separan los compartimientos de un silo, en que puede haber un compartimiento lleno y otro vacío.

»En el primer caso, hay que atender al pandeo vertical si el tabique tiene demasiada altura; para evitarlo, los hierros verticales se colocan alternativamente a cada lado de la pared y llevan estribos que ligan estos hierros con la masa de hormigón (figs. 468 y 469, sistema Hennebique).

»En el segundo caso, como el empuje de las tierras tiene lugar de un solo lado, la armadura vertical se colocará cerca del paramento opuesto y se calculará para que resista, en cada punto, a los esfuerzos de empuje que se producen sobre el tabique.

»Un caso interesante es el de un tabique cuya longitud sea sensiblemente igual a su altura y empotrado por los cuatro lados. En tal caso es necesario tener en cuenta los esfuerzos flexores que pueden desarrollarse lo mismo vertical que horizontalmente; por tanto, los tabiques se arman en los dos sentidos, es decir, que la armadura es un enrejado formado con hierros verticales y horizontales colocados del mismo lado del tabique.

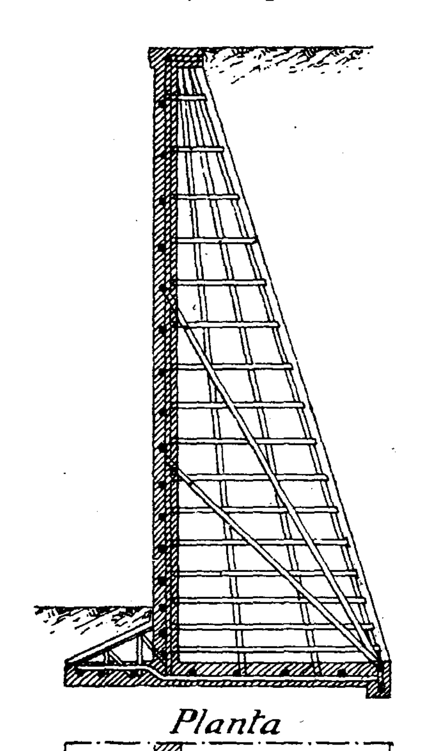
»Si el tabique forma un muro de sostenimiento de tierras de gran

longitud, se refuerza de trecho en trecho por nervaduras que son vigas verticales que reducen el tabique al caso precedente.

»En el tercer caso, es necesario considerar que el empuje puede verificarse alternativamente de un lado y de otro, y es preciso tener en cuenta cada caso separadamente debiendo cada pared armarse como si hubiera de resistir sola.»

Los espesores de los tabiques varían entre 8 y 16 cm.

Los tabiques se moldean en encofrados; «una pared del encofrado está montada en toda su altura, los hierros verticales se colocan de antemano; después se va subiendo la otra pared del encofrado y se van colocando las barras horizontales y estribos a medida que se rellena el tabique, pues de este modo se vigila la fabricación perfectamente, lo que no deja de tener importancia».



Figs. 470 y 471.—Corte vertical y planta de un muro de sostenimiento de hormigón armado.

Muros.—Se construyen como los tabiques, pero tienen mayor espesor. Cuando no es necesario que el paramento sea continuo y sin resaltos, es ventajoso construir pilares, sobre los cuales se apoyan las vigas, y rellenar los espacios entre pilares con tabiques delgados; así puede procederse siempre en las construcciones industriales.

El hormigón armado se emplea poco en los muros propiamente dichos, pero resulta lo contrario en los *muros de sostenimiento,* donde ofrece grandes ventajas. Un muro de sostenimiento de mampostería no opone al vuelco, debido al empuje de las tierras, más que el peso de su masa, mientras que el muro de hormigón armado, por la forma que se le puede dar y lo monolítico del conjunto, utiliza para oponerse a dicho vuelco una gran parte del peso mismo de las tierras que se trata de sostener.

Efectivamente, el muro, sea vertical o en talud, constituye una especie de escuadra cuyo ángulo se ha hecho indeformable por nervaduras transversales, colocadas a distancias más o menos grandes según la zarpa de la solera horizontal y el espesor del muro (figuras 470 y 471).

Se puede reducir considerablemente el empuje de las tierras colocando, a diversas alturas, una o dos plataformas que se apoyan en los nervios (fig. 472). En el caso de una gran altura, se puede multi-

plicar el número de estas plataformas cargadas con las tierras que han de sostener, resultando así que el empuje es muy restringido con arreglo al mismo principio empleado en la construcción del muro de mampostería representado en la figura 82.

Esto nos conduce a hablar de la disposición ideada por el ingeniero Chaudy (1) y que es una afortunada aplicación del empleo simultáneo de la mampostería ordinaria y del hormigón armado.

«La parte de mampostería del muro presenta la forma habitual, con paramento exterior vertical o ligeramente inclinado y paramento interior con retallos, de tal suerte que el espesor aumenta progresivamente desde la coronación hasta el macizo de los cimientos. Pero este espesor es menor de lo que sería necesario si no se colocara en cada retallo una plataforma de hormigón armado sobre la cual ejerce la tierra una presión vertical que contrarresta una parte del empuje.

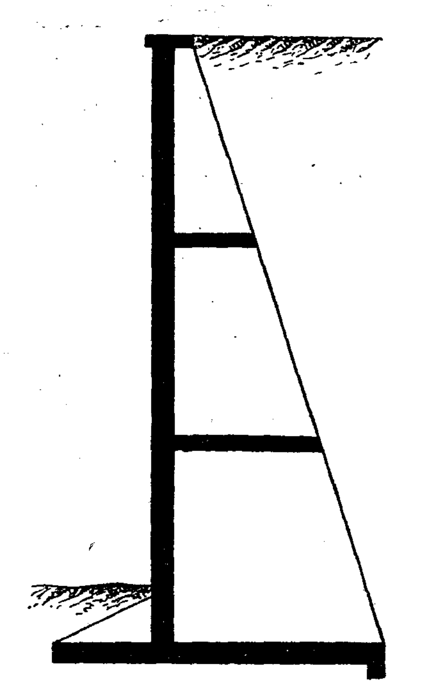


Fig. 472.
Muro de hormigón armado con dos plataformas.

»Existe una relación entre el espesor del muro de mampostería, el vuelo de las plataformas y las diversas alturas a que se colocan éstas.

»Vamos a examinar sucesivamente las condiciones de estabilidad y de resistencia empezando por la parte superior del muro (figura 473).

»Sea h_0 la altura, que se puede fijar en unos 3 metros, a partir de la cual el muro de mampostería deja de ser menos económico que el de hormigón armado. El espesor correspondiente puede fijarse aproximadamente en $l_0 = 1$ metro.

»Aumentemos h_0 y consideremos un muro de altura h_1 y de espesor $l_1 = l_0$ hasta la sección *ip*. El equilibrio no existe en estas condiciones, y para restablecerlo se hace intervenir la plataforma *odc*.

»Esta plataforma, al soportar el peso del prisma de tierra *aodb*, lleva la resultante del empuje y de las cargas verticales (estas últimas están representadas por el peso de la mampostería y el de las tierras—con sobrecarga—que gravitan encima de la plataforma) al interior de la base *ip* del muro, asegurando su estabilidad.

»¿Hasta qué límite puede llegarse con la altura h_1? A medida que se aumenta esta altura, es necesario aumentar el vuelo *od* de la plataforma. Ahora bien, este vuelo no puede aumentar indefinidamente, pues es necesario asegurar el empotramiento en el muro.

(1) *Revue générale de la construction.*

»Se determinará, pues, el valor máximo de *od* por la condición de que la resultante del peso del muro *dcb*, del peso de la plataforma *do* y del peso de las tierras (con su sobrecarga) que gravitan encima de aquélla, pase por el interior de la sección *cd* del muro y no dé en la arista *d* un trabajo de compresión muy elevado para la mampostería.

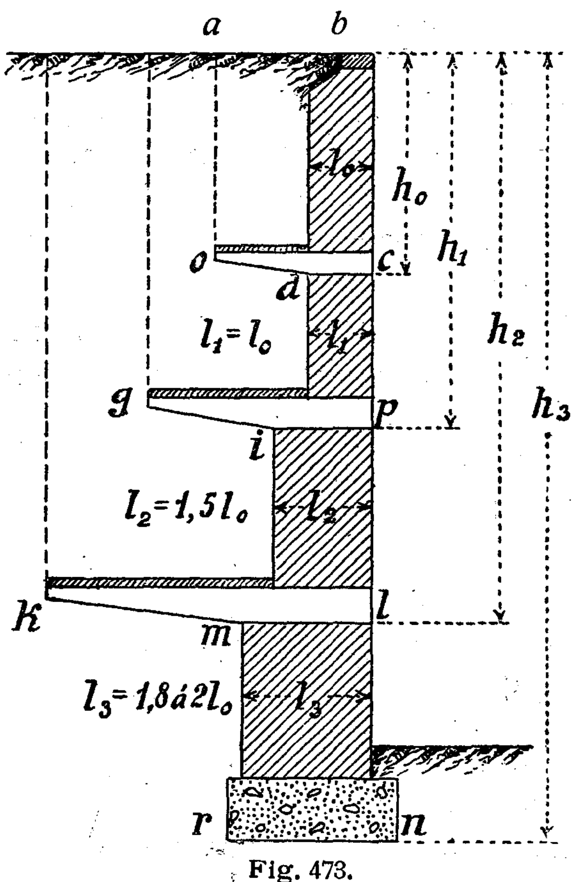


Fig. 473.
Muro de sostenimiento de mampostería, con plataformas de hormigón armado.

»Se ve que, para esta determinación, se desprecia el empuje de las tierras a fin de aumentar las condiciones de seguridad para el empotramiento de la plataforma.

»Determinado así *od*, se calculará el valor de h_1 satisfaciendo a la condición de que la resultante del empuje y de las cargas verticales que actúan pase por el interior de la sección *ip* del muro y no dé en la arista *p* un trabajo exagerado para la mampostería.

»Después se continuará si es necesario, es decir, si todavía no se ha llegado con h_1 a la altura total que debe tener el muro proyectado, determinando el valor que hay que dar al vuelo *gi*. El máximo de este valor se obtendrá considerando la resultante del peso del muro *bip*, del peso de las plataformas *od* y *gi* así como del de las tierras (con sus sobrecargas, si las hay) que gravitan sobre aquéllas y estableciendo la condición de que dicha resultante pase por el interior de la sección *ip* del muro y no produzca en *i* un trabajo excesivo para la mampostería. Es necesario establecer *a priori* el espesor $l_2 = 1,5\ l_0$.

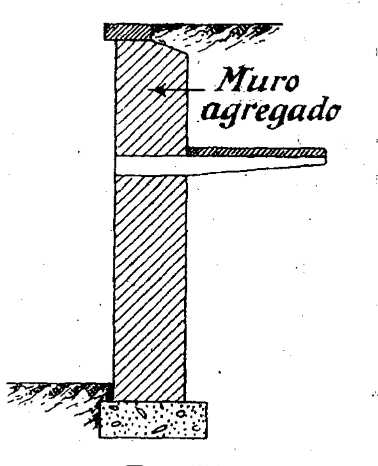


Fig. 474.
Sobreelevación de un muro de sostenimiento.

»Se determinará la altura h_2 de una manera absolutamente idéntica a la seguida precedentemente para la determinación de h_1. Después se calculará el valor que hay que dar a *mk*, fijando antes el espesor $l_3 = 1,8$ a $2\ l_0$. La altura h_3 se calculará como h_2.

»En el caso de que, con el valor máximo de *mk*, la altura h_3 resultase mayor que la total *H* del muro, bastaría reducir el vuelo de dicha plataforma hasta que la resultante de las fuerzas actuantes

pasase por el interior de la sección de base *rn* y diese en *n* un valor corriente como coeficiente de presión sobre el terreno.

»Se ve, pues, que por este procedimiento se pueden construir muros de sostenimiento de cualquier altura, en los cuales la mampostería tenga un espesor reducido con respecto al que tendrían en un muro ordinario. Se ve, también, que es muy sencillo determinar, en cada caso que se pueda presentar en la práctica: el número de plataformas, la posición de cada una y su vuelo.»

El sistema imaginado por Chaudy puede aplicarse también para aumentar la altura de un muro de sostenimiento ya existente (fig. 474), lo que prestará servicio en muchos casos.

Las cartelas o ménsulas que sostienen las plataformas, así como estas últimas, se calcularán en cada caso teniendo en cuenta su separación, el peso del muro donde están empotradas y el peso de las tierras que contribuyen a la estabilidad.

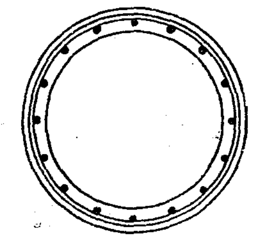
La estabilidad del muro cuya altura se ha aumentado de este modo es mayor que antes, por efecto de la carga agregada.

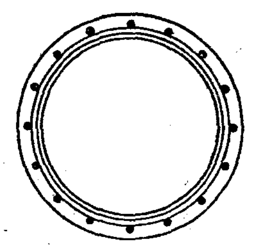
Depósitos.—Los depósitos y, en general, todos los recipientes cilíndricos pueden construirse de hormigón armado. La construcción de los depósitos ha sido, por lo demás, una de las primeras aplicaciones de este sistema, pues el hierro en forma de coronas circulares trabaja a tracción de la manera más racional.

La armazón está formada con un emparrillado de varillas enlazadas de la misma manera que hemos indicado anteriormente para las losas (pág. 190).

En los depósitos de forma prismática las caras son tabiques que reciben el empuje por un lado solo, y deben calcularse según el método que hemos explicado para los tabiques que trabajan en dichas condiciones.

Tubos.—La armazón de los tubos está constituída por círculos o por hélices que forman la armadura resistente y varillas de repartición dirigidas según las generatrices del cilindro. Las varillas se

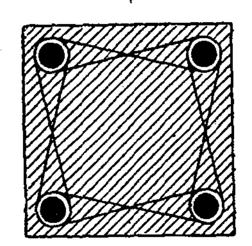
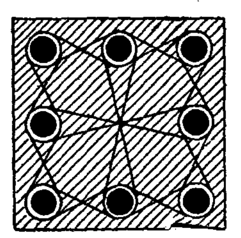




Figs. 475 y 476.—Maneras de armar los tubos de hormigón armado.

colocan en el interior de los círculos o hélices cuando la presión tiene lugar de dentro hacia afuera (fig. 475), y en el exterior si la presión actúa en sentido contrario (fig. 476).

Pilares.—Se arman con cuatro o más hierros redondos, arriostrados con hierros planos, a cada metro de altura aproximadamente, para sostenerlos durante la colocación. Estos hierros se colocan en

Figs. 477 y 478.—Sección transversal de pilares de hormigón armado

los vértices, se pone luego el molde a la distancia requerida de los hierros y se echa el mortero, que se apisona por capas delgadas (figuras 477 y 478).

Vigas.—En las construcciones de hormigón armado, lo monolítico del conjunto permite considerar las piezas sometidas a flexión como semiempotradas y aun como totalmente empotradas, lo que es racional si se tiene en cuenta que, casi siempre, los pilares sobre los cuales se apoyan las vigas están provistos de modillones, más o menos salientes (fig. 479).

Las vigas que se consideran empotradas se construyen colocando hierros horizontales en la parte inferior y otros hierros que parten de la superior y van descendiendo, hasta una distancia determinada, para seguir después paralelamente a los primeros y volver a subir simétricamente. Cierto número de estribos de palastro, colocados cada vez más próximos a medida que se acercan a los extremos, ligan el conjunto del hormigón a la armazón de hierro.

Hay varios sistemas. En el de Hennebique no se arman las vigas más que en la parte inferior (véase fig. 479) empleando para ello verdaderos tirantes de hierro redondo empotrados en los muros. El trabajo de compresión lo efectúa completamente el forjado. Hennebique supone, en general, que sus vigas están sometidas a un semiempotramiento y, para resistir a los momentos negativos que se producen hacia las extremidades, dispone las barras redondas que indicamos en la figura.

Cottancin enlaza sus tirantes con el forjado por un verdadero tejido de hilos metálicos continuos.

Otros constructores se acercan a la sección simétrica, colocando hierros arriba y abajo, pero dando a los superiores un diámetro menor.

Lefort preconiza la viga de dos armaduras simétricas (figuras 480 y 481).

«Una viga—dice—está simplemente apoyada en sus extremos (figura 482) o empotrada en los mismos (fig. 483).

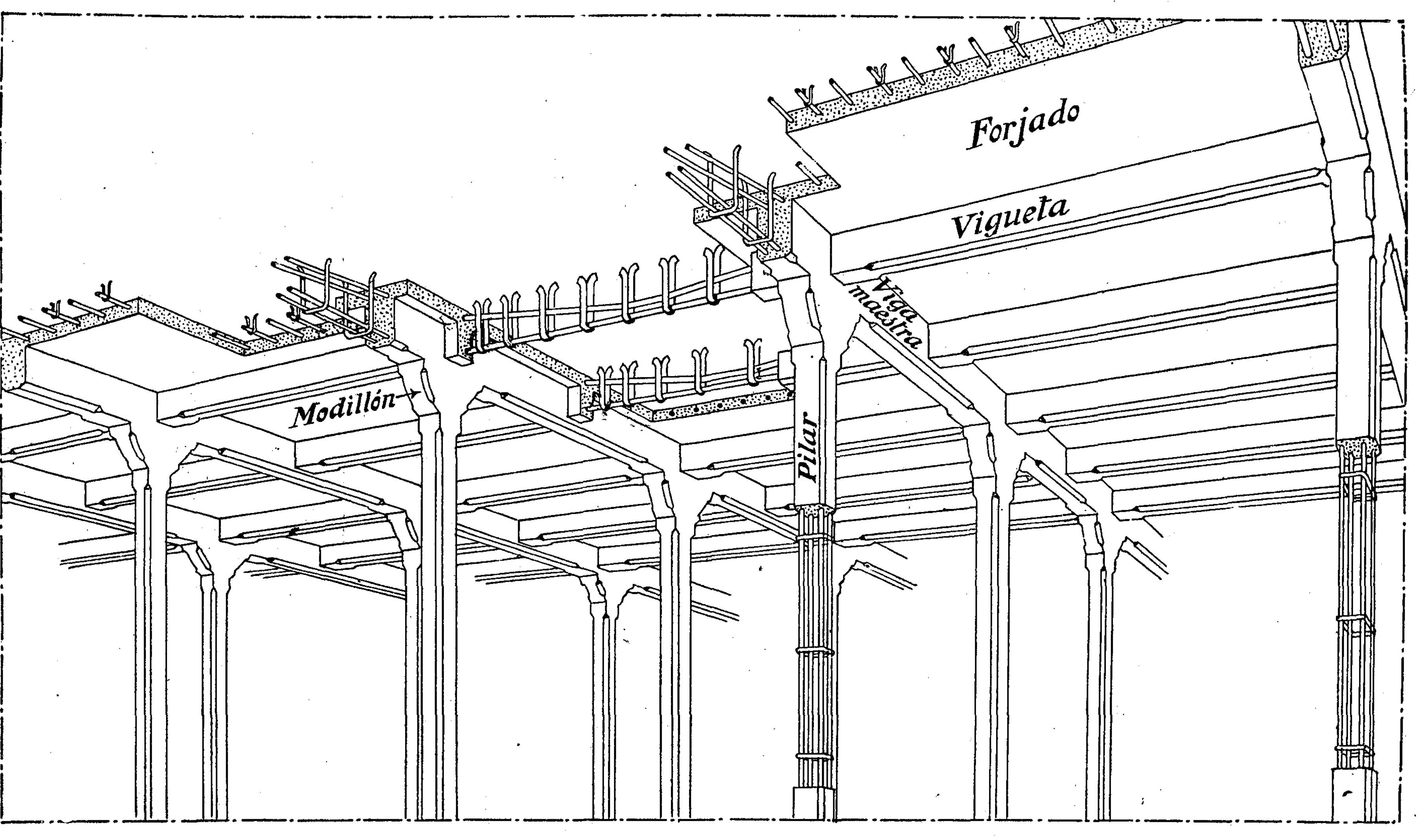
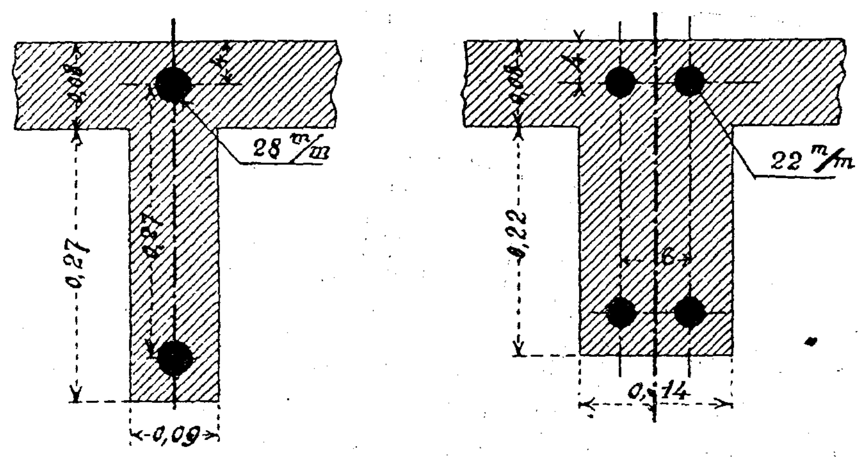


Fig. 479.—Construcción monolítica de hormigón armado, sistema *Hennebique*.

»En el primer caso, el momento flector tiene el mismo sentido en toda la longitud de la viga, es máximo en el centro, donde vale $\frac{1}{8}pl^2$,



Figs. 480 y 481.—Sección transversal de vigas de hormigón armado.

y nulo en los apoyos, representando por p el peso uniformemente repartido por metro y por l la luz de la viga.

»En el segundo caso, el momento flector cambia dos veces de sentido. Si el empotramiento es perfecto, dicho momento tiene por valor:

$$\text{en los apoyos } \frac{pl^2}{12} \text{ y en el centro } \frac{pl^2}{24}$$

siendo nulo en dos puntos que distan 0,21 l y 0,79 l del apoyo izquierdo.

»En el primer caso, la región comprimida es continua en toda la longitud de la viga. El empleo de una viga de hormigón armado, concebida racionalmente, puede admitirse pero no aconsejarse.

»En el segundo caso, la región comprimida no es continua en toda la longitud de la viga, puesto que el momento flector cambia dos veces de sentido y produce el cambio correspondiente de la men-

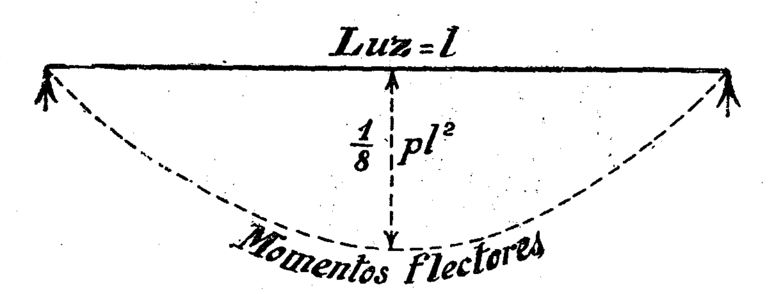


Fig. 482.—Diagrama de momentos flectores, en una viga simplemente apoyada.

cionada región. La viga de una sola armadura no conviene, por tanto, para este caso.»

Por último, se pregunta Lefort: «¿Se sabe positivamente cuándo una viga está simplemente apoyada y cuándo está parcial o totalmente empotrada? Cuando una viga penetra en un muro y se apoya en él, se producirá generalmente un momento de empotramiento

más o menos completo, debido a que la elevación de los extremos de la viga, cuando se flexa por la acción de las fuerzas, es contrarrestado por la fábrica del muro; no obstante, se puede realizar el apoyo libre con disposiciones especiales de cojinetes, rótulas, huelgo alrededor de la viga, etc., pero en general, estas disposiciones aumentan el precio de la construcción.

»Cuando, como en el caso de los suelos de hormigón armado, las armaduras de las vigas, viguetas y forjados se ligan unas con

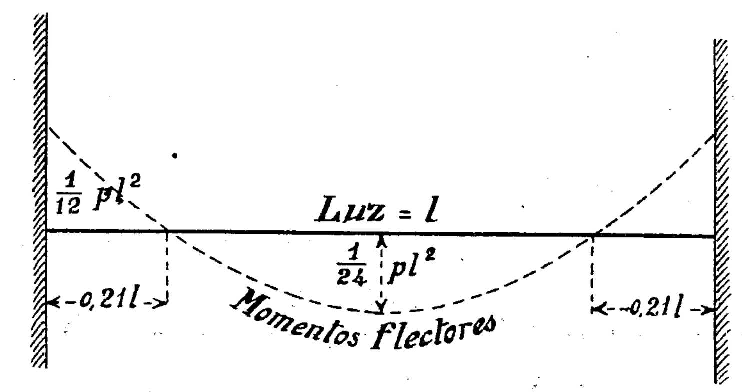
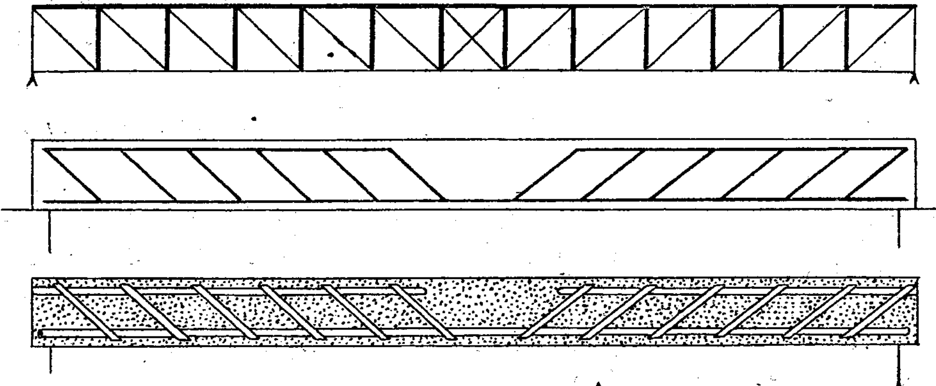


Fig. 483.—Diagrama de momentos flectores, en una viga empotrada.

otras en sus puntos de encuentro, puede admitirse que hay empotramiento en los apoyos de todas las piezas.

»La viga racional con armadura única no es conveniente más que en el caso en que se hayan tomado las medidas necesarias para asegurar el libre apoyo de los extremos.»

Las vigas de hormigón armado presentan una gran ventaja sobre las de hierro, en el caso de cruzamiento bajo un ángulo cualquiera.



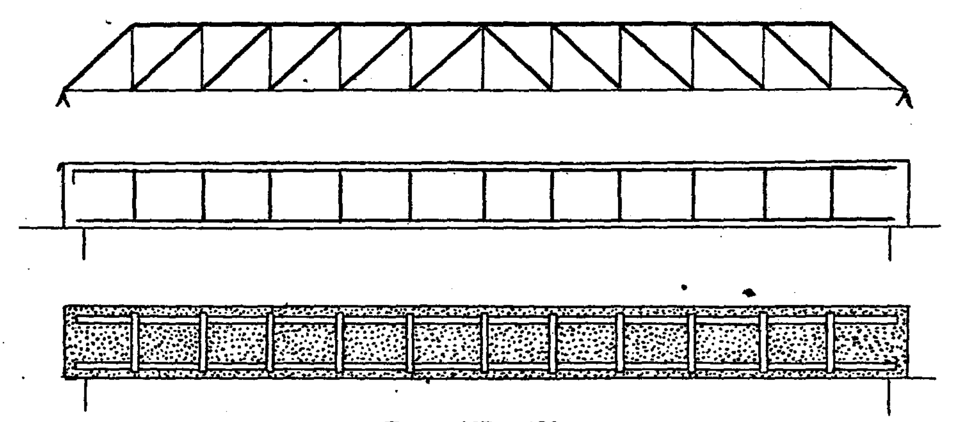
Figs. 484 a 486.—Armadura, para vigas de hormigón armado, derivada de la viga *Pratt*.

Efectivamente, si sobre muros que forman un cuadrado, un rectángulo o cualquier otra figura, se quiere con vigas de hierro formar compartimientos, sólo trabajarán la mitad de las vigas; las otras, ensambladas a las dos primeras, la cargarán y no trabajarán más que por su luz entre dos vigas principales o entre una de éstas y el muro.

Con las vigas de hormigón no sucede lo mismo, puesto que no hay ensambladuras; las vigas pasan a través unas de otras y trabajan

todas por su luz total. Si sólo está cargada una de ellas, obligará a la otra a un trabajo solidario, de modo que no constituya un peso muerto.

Se han ideado muchos sistemas de armaduras para las vigas; mencionaremos entre otros el de Coularou, que tiene su fundamento en la viga de hierro Pratt (fig. 484), suprimiendo de ella los montan-



Figs. 487 a 489.
Armadura, para vigas de hormigón armado, derivada de la viga *Howe*.

tes comprimidos (fig. 485) de modo que no conserva para el hierro más que el trabajo de tracción dejando a cargo del hormigón resistir la compresión, con lo que se obtiene la viga que representamos en la figura 486.

Todos los sistemas parten de este principio: no conservar el metal más que donde haya tracción. También podría derivarse una armadura de la viga de hierro Howe (fig. 487), suprimiendo de ella las diagonales comprimidas (fig. 488), con lo que se obtiene la viga de dos armaduras simétricas (fig. 489) que creemos la más racional, puesto que no se sabe fijamente si hay o no empotramiento de los extremos, de manera que también en la parte superior pueden haber esfuerzos de tracción.

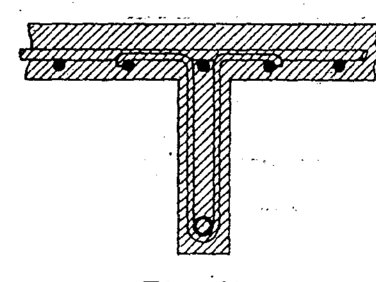


Fig. 490.
Vigueta de hormigón armado.

Viguetas. — Las viguetas de hormigón armado tienen la misma estructura que las vigas, pero su sección es más pequeña, toda vez que es menor el peso que deben soportar (fig. 490).

Las viguetas se colocan a distancias mucho mayores que en los suelos con viguetas de hierro.

Suelos.—La reunión de vigas, viguetas y forjados forma un verdadero monolito sin ensambladuras de ninguna clase. Las armaduras embebidas en el hormigón constituyen un encadenado general, en todos sentidos, y la masa de hormigón asegura el encuadrado perfecto de todas las partes, haciendo completamente imposibles las deformaciones.

Entre los numerosos trabajos ejecutados, las cuadras del «Bon Marché» de París constituyen un excelente ejemplo; extractamos de la revista *La Architecture* las siguientes líneas que se refieren a dicha obra:

«...Todas las partes del piso se moldean en la obra, en su posición definitiva; los moldes se hacen sencillamente con tablas y se mantienen en su sitio por puntales colocados bajo el fondo.

»Se empieza por los pilares que hemos descrito anteriormente, después se forjan las vigas maestras cuyos moldes se hacen primeramente hasta el arranque de las vigas secundarias, menos el espesor de la tabla que constituye el fondo de éstas; cuando los moldes han sido colocados exactamente en su sitio respectivo, se extiende la capa de hormigón del fondo, se disponen después los estribos y las barras de hierro con arreglo a los planos, y por último se rellena el resto del molde por capas sucesivas, hasta la altura de la madera.

»Se forja así toda la parte de las vigas maestras que está por debajo de la cara inferior de las vigas secundarias o viguetas.

»Los moldes de las viguetas se componen de un fondo y dos costados y se apoyan en los moldes, ya colocados y rellenos de las vigas principales; el fondo se apoya, sin rebasarlos, en los costados de aquellos moldes. Después se procede a la colocación de los hierros—que deben sentarse sobre una capa de hormigón de 2,5 a 4 cm—y al moldeo del hormigón, como anteriormente; después de concluída esta operación, se termina el moldeo de las vigas principales hasta enrasar con la cara superior de las viguetas.

»Con ello queda terminada toda la viguería, hasta la parte inferior del forjado. Se espera a que el hormigón fragüe, después se quitan los costados de los moldes dejando solamente los fondos y puntales. Los extremos de los estribos sobresalen de la cara superior de las vigas para asegurar la trabazón con el forjado que ha de hacerse luego.

»Para construir el forjado se disponen tablas, paralelamente a las viguetas, enrasando con el plano superior de las mismas y sostenidas por traveseros colocados a 1,50 m de distancia unos de otros, perpendicularmente a las viguetas; los traveseros, por consiguiente, tendrán un largo igual a la separación entre vigas secundarias y sus extremos están sostenidos por largueros sujetos a los costados de los moldes de las vigas maestras. Todos estos traveseros y largueros descansan en pies derechos para evitar los asientos durante el apisonado.

»Tres o cuatro días después del moldeo, cuando se comprueba que el hormigón está suficientemente duro, se quitan los moldes, dejando por precaución durante algunos días, en el centro de cada tablero, un travesero sostenido por uno o dos pies derechos.»

Las figuras 491 y 492 muestran dos cortes del suelo construído en el patio central del mencionado edificio.

Fig. 491.—Suelo de hormigón armado del «Bon Marché» de París; vigas maestras y sección transversal de las viguetas.

Las vigas principales, casi de 7,60 m de luz, están espaciadas 3,50 m de eje a eje. La sección de estas vigas es de 30 cm de ancho por 40 cm de altura (sin contar el grueso del forjado, que tiene 12 cm); la armadura está compuesta de seis barras de 42 mm de diámetro.

Las viguetas tienen una luz de 3,20 m, medida entre los costados de las vigas principales; su sección mide 16 cm de ancho por 30 de altura.

Este suelo ha sido calculado para recibir un pavimento que pesa 400 Kg por m^2 y además una sobrecarga, uniformemente repartida, de 900 Kg por m^2 que debía elevarse a vez y media, es decir, a 1 350 Kg por m^2 en las pruebas.

La totalidad de la carga a que fué sometido el piso durante los ensayos de resistencia valía, pues, $400 + 1350 = 1750$ Kg por m^2, y la flexión de las vigas no podía pasar de una milésima de la luz, o sea de 7,6 milímetros.

Según la carga que hayan de soportar, las vigas tienen dimensiones más o menos grandes y un número mayor o menor de barras en la armadura.

Una viga con poca carga puede armarse como una vigueta, con una sola barra en la parte inferior (fig. 493). Si la carga es mayor, la viga tendrá dos barras (fig. 494) o tres (figura 495) o un número mayor de barras, como en los ejemplos de las figuras 496 y 497 que son tipos de vigas destinadas a soportar esfuerzos grandes.

Cuando el ancho de la viga es suficiente, es preferible poner todas las barras al mismo nivel (figs. 494 y 495) y lo más cerca posible de la cara inferior de la viga, no dejando

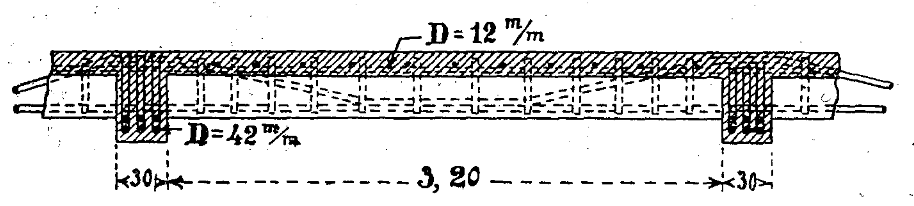


Fig. 492.—Suelo de hormigón armado en el «Bon Marché» de París; corte perpendicular al eje de las vigas maestras.

debajo más que la capa de hormigón de espesor indispensable para proteger bien el metal; de este modo aumenta la distancia del metal a

la fibra neutra y, por consiguiente, es mayor la resistencia de la viga.

Cuando la viga tenga un ancho limitado se superpondrán dos o más series de barras (figs. 496 y 497).

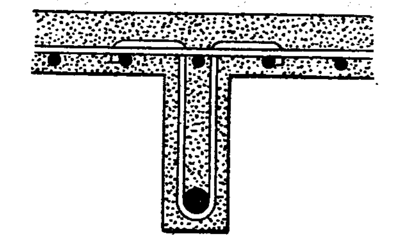
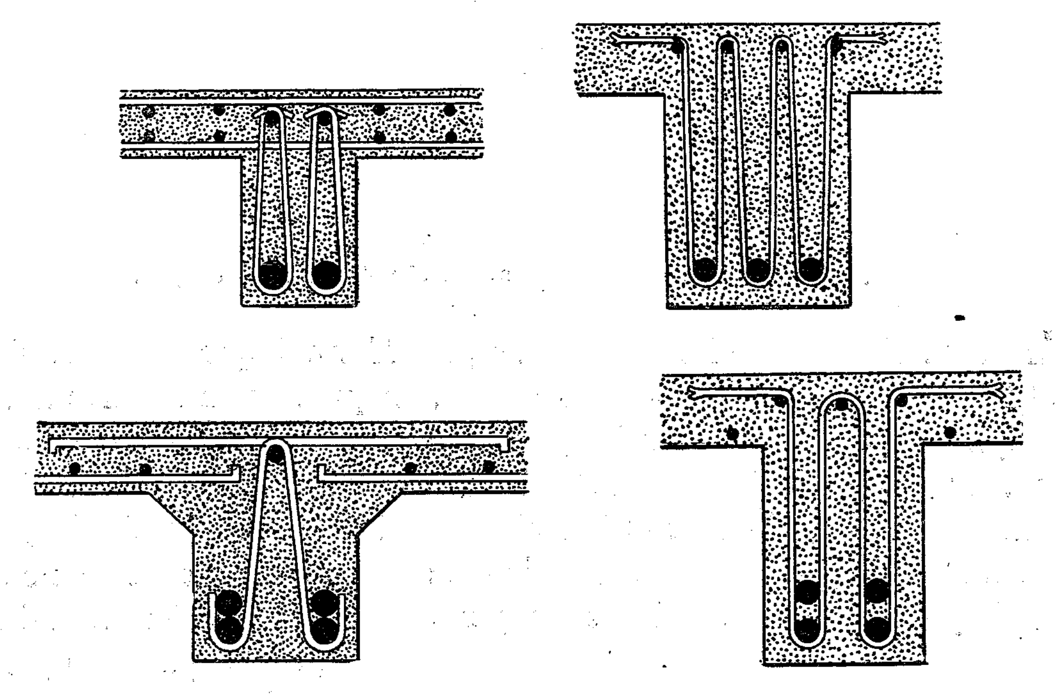


Fig. 493.—Sección transversal de una viga sencilla de hormigón armado.

Pueden emplearse todos los perfiles de metal, pero el hierro redondo parece presentar ventajas, por la facilidad con que lo envuelve el hormigón sin dejar huecos.

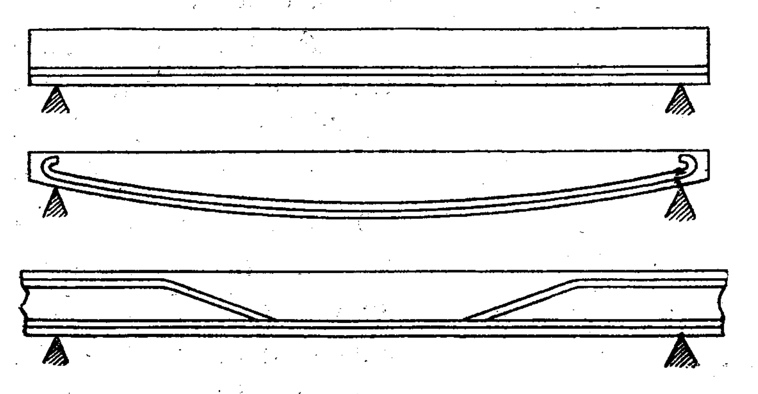
Los constructores colocan las armaduras principales de distintas maneras, según el sistema que adopten.

En el caso más sencillo, el de una viga apoyada, basta armar la parte inferior como indicamos en la fig. 498,



Figs. 494 a 497.—Tipos de sección transversal de vigas de hormigón armado.

con una o varias barras rectas. O también dar a la viga una forma parabólica de igual resistencia (fig. 499) de manera que en todos los puntos el coeficiente de trabajo del metal sea el mismo.



Figs. 498 a 500.
Armadura de las vigas de hormigón armado.

Sin embargo, como que en las construcciones de hormigón armado la característica es el monolitismo, casi siempre se enlazan las vigas unas con otras resultando éstas continuas y, por lo tanto, más o menos empotradas; entonces, el momento flector cambia de signo

a cierta distancia de los apoyos, que varía en cada caso con el grado de empotramiento. Entonces, se disponen las barras de manera que se contrarresten estos esfuerzos, por ejemplo, como indica la

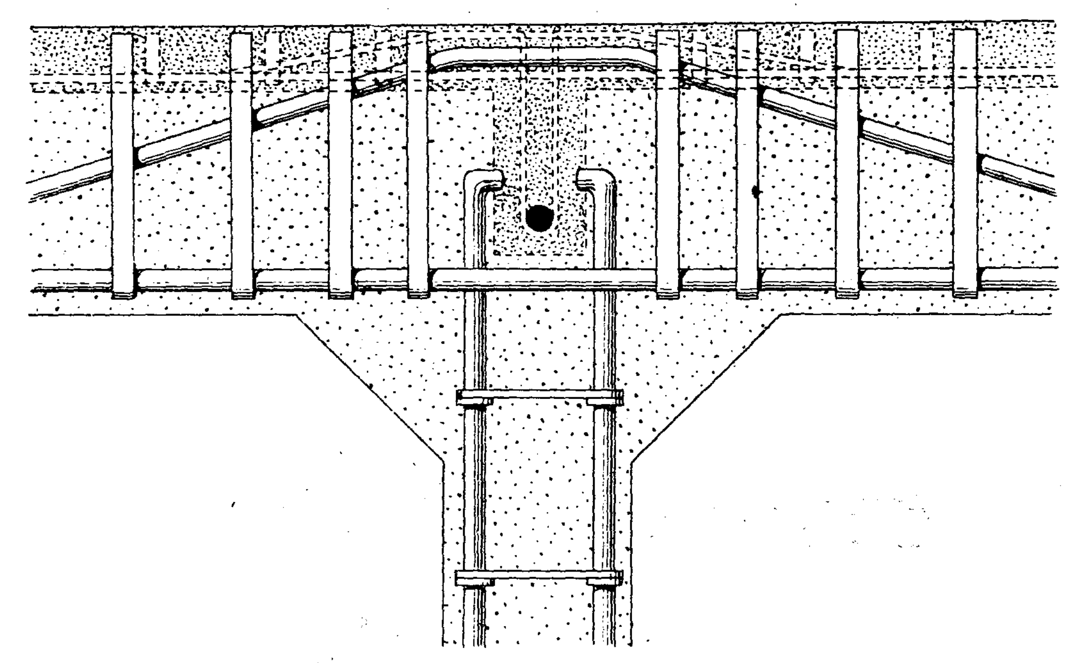
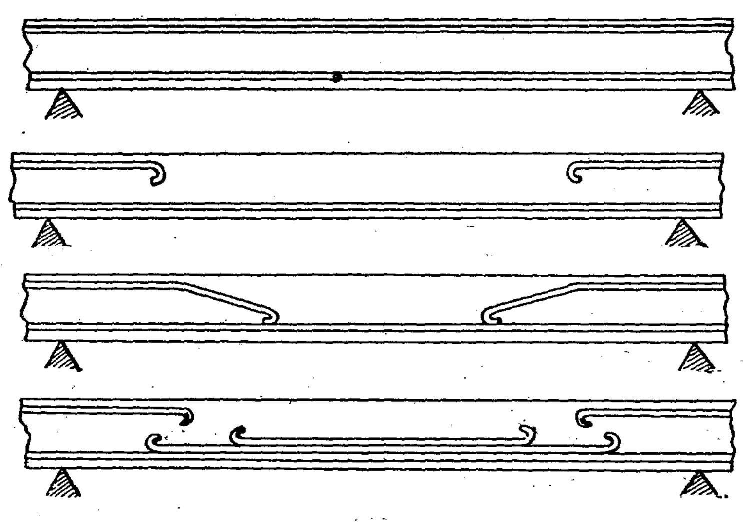


Fig. 501.—Armadura de una viga, por el método *Hennebique*.

figura 500. Este es el sistema que emplea Hennebique, y en la figura 501 damos un detalle, a mayor escala, en que se ven las armaduras principales de hierros redondos y las secundarias o estribos de hierro plano. De puntos se han indicado las armaduras del forjado o piso y con un sombreado distinto el hormigón de las viguetas y del forjado.

En el hormigón armado, el forjado no es un peso muerto, sino que contribuye a la resistencia, trabajando por compresión lo mismo que la parte superior de las vigas y viguetas de las que forma parte constituyendo como una **T**.



Figs. 502 a 505.
Armadura de las vigas de hormigón armado.

Algunos constructores (continuamos refiriéndonos a las vigas empotradas) emplean dos armaduras, superior e inferior, como se ve en la figura 502; otros se contentan con duplicar las armaduras solamente junto a los apoyos como en la figura 503, o con prolongar la armadura superior doblándola en cierta longitud según la figura 504. Por último, otros refuerzan todavía las armaduras, como se hace por medio de

tablas en la construcción metálica, poniendo mayor número de barras en la parte sometida a mayor momento flector, tal como indica la figura 505.

Bóvedas. — Con el empleo del hormigón armado se obtienen bóvedas de un espesor lo más reducido posible. En los trabajos de saneamiento del Sena, en Argenteuil, se empleó la forma elíptica para una galería de 5,16 m de luz y 2,00 m de flecha (el eje mayor de la elipse está a 1,34 m sobre el zampeado y el paramento de los estribos tiene perfil circular con un radio de 6 metros), con un recorrido

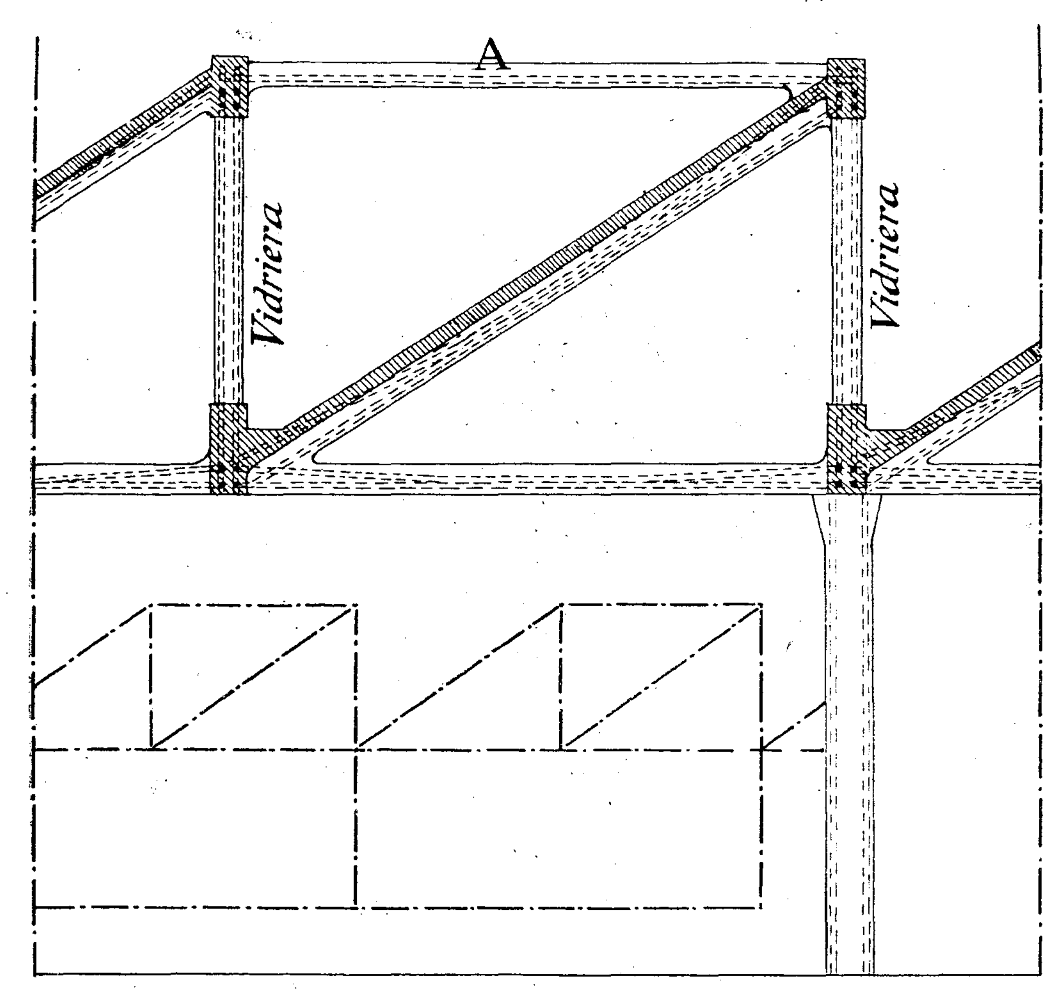


Fig. 506.—Cubierta de diente de sierra, con cuchillos de hormigón armado.

de 2,5 Km y destinada a alojar dos tuberías de 1,80 m de diámetro.

La armazón de dicha galería, proyectada por Coignet, forma una celosía metálica con mallas de 11 cm de lado, componiéndose de directrices elípticas y de generatrices rectilíneas constituídas por barras de acero de 16 a 18 mm de diámetro, atadas entre sí con alambre de hierro recocido cada dos mallas; el grueso de la capa de mortero es de nueve centímetros.

También se hacen bóvedas rebajadas de formas atrevidas.

Cuchillos para cubiertas.—Los constructores aplican el hormigón armado a todas las ramas de la construcción, y entre otras cosas a

los cuchillos para cubiertas, a los cuales dan una forma monolítica reemplazando la madera o el hierro por miembros de hormigón armado y constituyendo verdaderas cerchas, con arreglo a los mismos principios de resistencia que se emplean para las armaduras de hierro y de madera.

Algunos constituyen la armadura de la cubierta mediante vigas de diferente altura colocadas en los sitios que ocuparían las correas y reuniendo estas últimas por un forjado ejecutado como el de los suelos.

La cubierta misma puede ser también de hormigón armado y no hay nada que se oponga para hacer del mismo material los canalones, tubos de bajada, etc.

En la figura 506 representamos una aplicación industrial de las

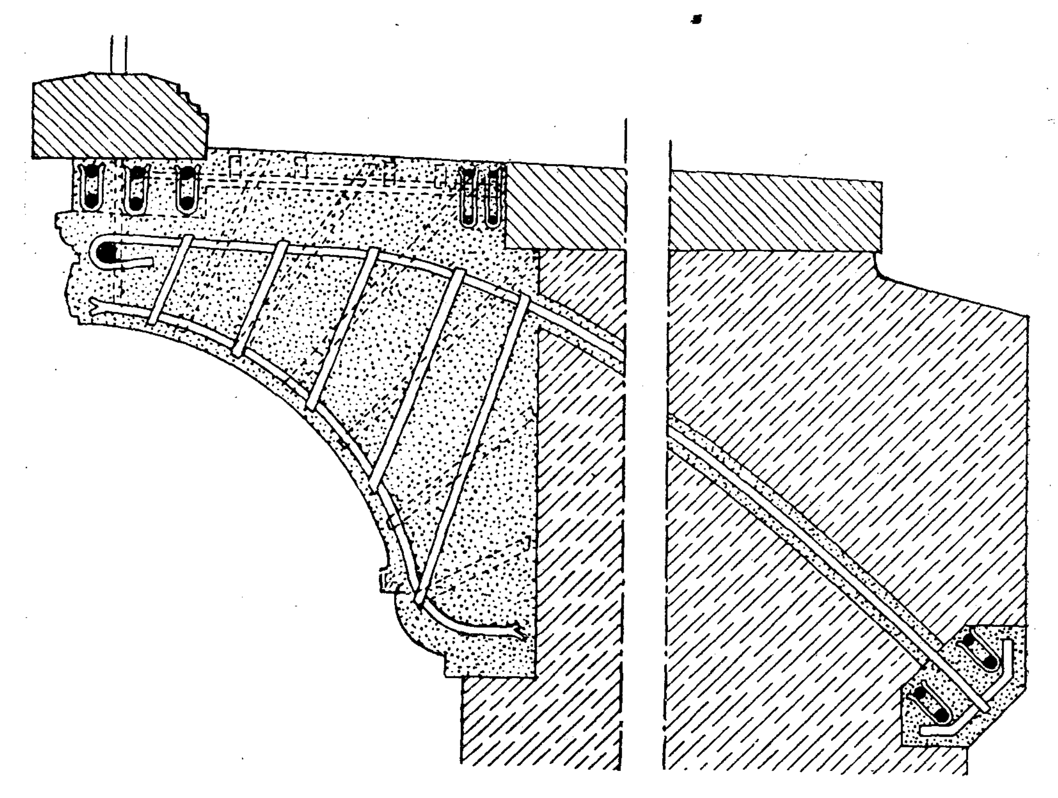


Fig. 507.—Ménsula de hormigón armado.

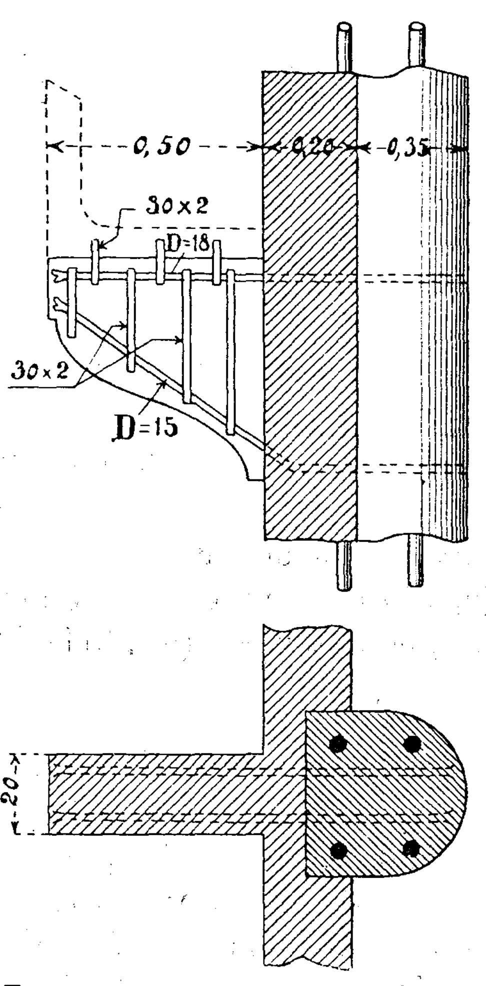
cerchas de hormigón armado. Es una armadura de diente de sierra cuya distancia entre los apoyos llega a 11 m, siendo la separación de las cerchas de unos 4,40 m. Por la adición del miembro comprimido *A* se ha convertido cada grupo de dos cuchillos en una verdadera viga de luz doble.

Ménsulas.—Son conocidos los bellos ejemplares de repisas que sostienen las aceras ejecutadas en el ferrocarril del Oeste, en París, cerca de la estación de Batignolles; algunas de estas repisas tienen un vuelo considerable.

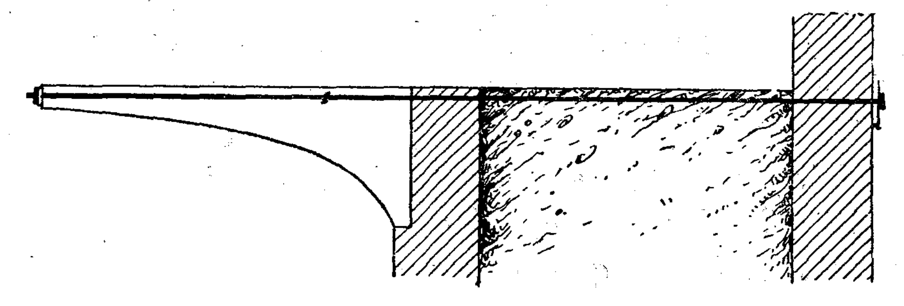
En 1899 y 1900 se construyeron también ménsulas en el Boulevard Péreire, de París, a fin de ganar el sitio necesario para emplazar independientemente las vías del ferrocarril de cintura, sin tener que

disminuir el ancho del boulevard; las ménsulas en cuestión tenían vuelos diversos entre 0,50 y 2,50 metros.

En la figura 507 damos un dibujo que copiamos del *Manual del constructor de hormigón armado,* de Tedesco y Forestier: «Las ménsulas distan entre sí unos 3 m, aproximadamente, y tienen 1,80 m de saliente total; la armadura está compuesta de dos barras superiores de 31 mm y dos inferiores del mismo diámetro; estas cuatro barras se ligan entre sí por medio de estribos; los esfuerzos de tracción que tienen lugar en la parte superior de la ménsula los resisten las barras superiores, las cuales se enganchan a una barra longitudinal también de 31 mm de diámetro. Como que no hay contrapeso que equilibre la tendencia al vuelco, se ha adoptado una disposición ingeniosa: las barras de la armadura superior se prolongan, atravesando el espesor del muro de mampostería, y van a engancharse en barras transversales sostenidas por hierros de una viga especial que tiene por objeto repartir los esfuerzos de tracción sobre toda la longitud del muro, cuyo espesor es considerable, pudiendo considerarse por lo tanto como un punto fijo.» Un ejemplo más modesto lo constituyen las figuras 508 y 509 que representan las ménsulas para sos-



Figs. 508 y 509. — Repisa de hormigón armado para sostener un canalón en el edificio del «Bon Marché», París.


Fig. 510. — Ménsula de hormigón armado.

tener el canalón en la cubierta de las cuadras del «Bon Marché» (París).

Las ménsulas no son en suma más que vigas empotradas por un extremo y libres por el otro, que sufren un esfuerzo de tracción en su parte superior y otro de compresión en la inferior. Se puede, pues,

construir una ménsula tan importante como se quiera a condición de disponer de un punto de amarre suficiente para equilibrar la tracción de la ménsula en la parte superior y de un punto de apoyo en la parte inferior bastante sólido para soportar el empuje. Por ejem-

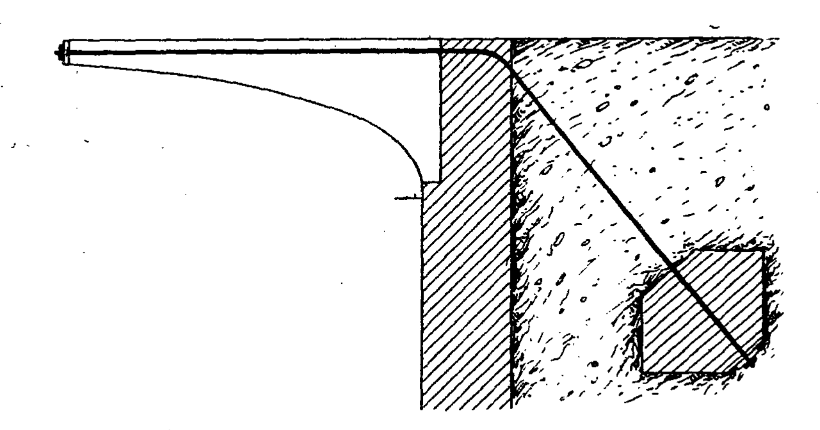


Fig. 511.—Ménsula de hormigón armado.

plo, se puede amarrar a una construcción más o menos alejada (fig. 510) o a un cuerpo sólido enterrado en el suelo y sobre el que cargue el terreno (fig. 511).

CÁLCULOS DE RESISTENCIA

Pilares.—Se sabe que en los pilares de piedra, cuando la relación de la altura a la menor dimensión transversal no pasa de 10, se emplea sencillamente la fórmula $P = RS$, siendo: S la superficie de la sección transversal del pilar en cm², R el coeficiente de trabajo que admite la piedra tomado en kilogramos por cm² y P la carga vertical en kilogramos que soporta el pilar.

En los trabajos de hormigón armado ejecutados en las cuadras del «Bon Marché», «los pilares de hormigón armado arrancan de la plataforma de hormigón que sirve de piso a la planta baja. Tienen sección cuadrada de 30 cm de lado y la repartición de los hierros está calculada tomando como coeficientes de trabajo de los materiales empleados: 25 Kg por cm² para el hormigón y 1 000 Kg por cm² para el hierro. Siendo S, en cm², la sección elegida, la resistencia del hormigón valdrá $S \times 25$ Kg; si la carga que ha de soportar el pilar es P, expresada en Kg, habrá que asignarle al hierro una resistencia $(P - S \times 25)$ Kg; dividiendo este número de Kg por el coeficiente de resistencia adoptado para el hierro, es decir, calculando la expresión $\frac{P - (S \times 25)}{1000}$, se obtendrá en cm² la sección total de hierro para embeberlo en el hormigón». Dividiendo dicha sección por el número de hierros (cuatro por ejemplo) que compongan la armadura, se obtendrá la sección de cada hierro y por lo tanto su diámetro.

En los postes o pilares hemos visto que esta sección debe repartirse, por lo menos, en cuatro hierros redondos colocados en los ángulos. En el caso particular de que se trata, estos hierros están arriostrados por pletinas perforadas con el punzón para enhebrar las varillas. Cuatro pletinas forman un arriostramiento completo, y estos arriostramientos están colocados a 50 cm uno de otro.

Por nuestra parte, pensamos que en la construcción de los pilares sería más prudente no tener en cuenta la resistencia a la compresión de las varillas de hierro y no considerarla sino para evitar la flexión lateral.

La gran diferencia que existe entre los coeficientes de elasticidad del metal y del hormigón, permite pensar que el trabajo de los dos materiales puede no ser perfectamente simultáneo. Además, se debe considerar que en la práctica, las barras pueden no ser absolutamente rectas y verticales; que la carga por causa de la flexión de una viga cargada, por ejemplo, puede dar a los esfuerzos una dirección oblicua, lo que originaría un trabajo de flexión en el pilar lo mismo que si resistiese como una viga.

Vigas con una sola armadura.—La incertidumbre que se tiene acerca del valor del coeficiente de elasticidad del cemento no nos permite dar una fórmula exacta que fije la resistencia de una viga de hormigón, armada únicamente en la parte inferior.

Sólo indicaremos que algunos constructores, para facilitar el cálculo, suponen el sólido homogéneo, es decir, dotado de igual resistencia a la tracción y a la compresión, colocando en la parte inferior un volumen de hierro igual a la centésima parte del volumen de la viga.

En estas condiciones el problema resulta muy sencillo y una viga puede calcularse con la mayor facilidad. En efecto, supongamos que se pide una viga de 5 m de luz que ha de sostener una carga, uniformemente repartida, $P = pl = 10000$ Kg, incluyendo el peso propio de la viga, y que se admite para el cemento un coeficiente de trabajo $R = 24$ Kg por cm²; tendremos:

$$\text{momento flector} = \frac{Pl}{8} = \frac{10000 \times 5}{8} = 6250 \text{ kilog.-metros} = 625000 \text{ Kg-cm.}$$

Haciendo trabajar el material, supuesto homogéneo, a razón de 24 Kg por cm²,

$$\frac{I}{n} = \frac{M}{R} = \frac{625000}{24} = 26042 \text{ cm}^3.$$

Nos falta ahora encontrar una sección cuyo momento resistente $\frac{I}{n}$ tenga dicho valor (I es el momento de inercia de la sección,

en cm⁴, y n la distancia del eje neutro a la fibra más lejana, en cm; véase el capítulo de *Resistencia de materiales).*

Supongamos una altura $h = 50$ cm y hagamos el cálculo con un ancho $b = 1$ cm;

$$\frac{I}{n} = \frac{{}^1/_{12}\, bh^3}{n} = \frac{{}^1/_{12} \times 1 \times 50^3}{25} = 417 \text{ cm}^3.$$

La viga tendrá, pues, $\frac{26042}{417} = 62$ cm de ancho.

La cantidad de hierro que hay que poner en la parte inferior será:

$$\frac{62 \times 50}{100} = 31 \text{ cm}^2,$$

por ejemplo, 4 barras redondas de 32 mm de diámetro.

Hay que dejar bien sentado que este procedimiento de cálculo no puede aplicarse más que en el caso de que la viga esté simplemente apoyada, lo que no suele suceder en las construcciones de hormigón armado, cuyo carácter principal es el monolitismo.

Vigas con doble armadura simétrica.—Partiendo del supuesto de que casi siempre hay empotramiento, parcial o total, parece que esta disposición debe ser la preferida.

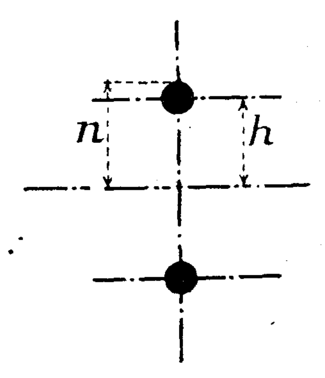


Fig. 512.

Se admite que la envolvente de cemento aumenta considerablemente el coeficiente práctico de resistencia del metal y que el coeficiente de trabajo de éste puede, sin inconveniente alguno, tomarse una tercera parte mayor que de ordinario.

Stellet supone, en principio, que la resistencia de los morteros y hormigones de cemento, a pesar de ser grande, no debe tenerse en cuenta, pues si bien es un elemento que aumenta el coeficiente de seguridad, lo hace en una proporción que depende en exceso del cuidado de ejecución, para poder ser tenido en cuenta ni aun aproximadamente. No tiene, pues, en cuenta más que las cabezas simétricas de la viga metálica envuelta por el hormigón para resistir al momento flector y al esfuerzo cortante. Este cálculo no ofrece inexactitud alguna, puesto que la posición real de la fibra neutra y el coeficiente de elasticidad están bien determinados. El papel del hormigón se reduce a constituir un alma indeformable y a mantener las armaduras en su sitio.

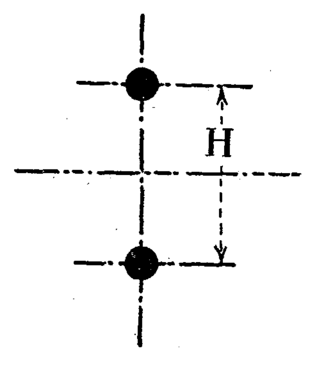


Fig. 513.

Tomemos como ejemplo de cálculo una viga (fig. 512) que deba sostener una carga total de $P = pl = 5000$ Kg, uniformemente repar-

tida sobre una luz de 5 m, y consideremos la viga como semiempotrada.

El momento de flexión será: $M = \frac{Pl}{10}$, es decir, $\frac{5000 \times 5}{10} =$ $= 2500$ Kgm, o sean 250000 Kg-cm.

Supongamos una viga de 50 cm de altura y restemos el espesor de hormigón que cubre las barras, tendremos $n = \frac{50}{2} - 3 = 22$ cm.

$\frac{I}{n} = \frac{Sh^2}{n}$ fórmula en la que se representa por:

S la superficie en cm² de la sección transversal de todas las barras contenidas en la viga;
h la distancia de la fibra neutra al eje de los hierros en cm;
n la distancia del exterior del hierro a la fibra neutra en cm.

Tomando para el hierro un coeficiente de trabajo $R = 800 + {}^1/_3\,800 = 1065$ Kg/cm² tendremos, pues:

$$\frac{M}{R} = \frac{I}{n} = \frac{250000}{1065} = 235 \text{ cm}^3 = \frac{S \times \left(22 - \frac{d}{2}\right)^2}{22}$$

fórmula que permitiría calcular el diámetro d de los hierros, pues S es igual a $^1/_4\,\pi\,d^2$ multiplicado por el número de hierros.

Pero puede procederse de otro modo, pues, como conocemos el momento flector $M = 250000$, es fácil conocer el esfuerzo E de tracción desarrollado en cada una de las cabezas superior e inferior, toda vez que $E = \frac{M}{H}$ siendo H la distancia indicada en la figura 513.

Tomando el ejemplo anterior y haciendo $H = 40$ cm, tendremos:

$$E = \frac{250000}{40} = 6250 \text{ Kg} \quad \text{y} \quad S = \frac{E}{R} = \frac{6250}{1065} = 5{,}86 \text{ cm}^2,$$

que requiere dos hierros redondos de 19 o de 20 mm arriba y otros tantos abajo.

El ancho de la viga puede fijarse, también, arbitrariamente.

Con lo que precede, se pueden calcular todas las demás partes de una construcción, viguetas, pisos, etc.

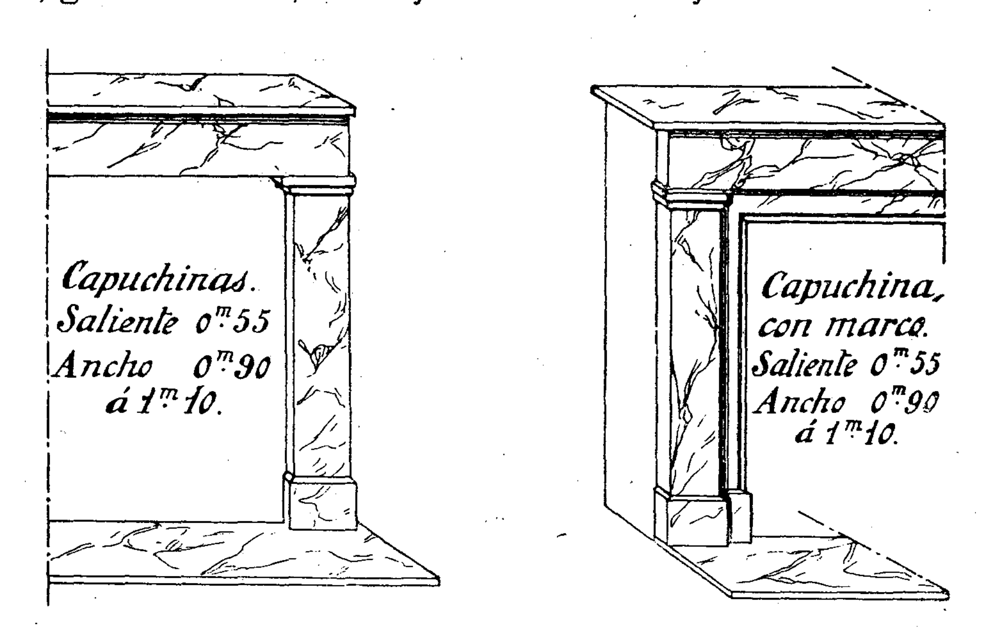
CAPÍTULO VI

Marmolería, Vidriería, Vidrieras artísticas

Marmolería.—Obras diversas.—Chimeneas capuchinas.—Chimeneas de modillones.—Chimeneas de consolas y de garras.—Chimeneas de estilos diversos.—Hogares.—Chapeado.
Vidriería.—Propiedades y clases del vidrio.—Vidrio sencillo.—Vidrio semidoble.—Vidrio doble.—Colocación de los vidrios de ventanas.—Colocación de los vidrios de cubiertas.—Tipos diversos de juntas para vidrios de cubiertas.
Diferentes clases de vidrios. — Vidrio deslustrado. — Vidrios acanalados o estriados.—Vidrios catedral.—Vidrios muselina.—Vidrios de colores.—Lunas: azogamiento de las lunas.—Vidrio armado.—Baldosas de vidrio.
Vidrieras artísticas.—Descripción y tipos.

MARMOLERÍA

Obras diversas.—Bajo la denominación de marmolería, se comprende, generalmente, el conjunto de obras ejecutadas con mármol



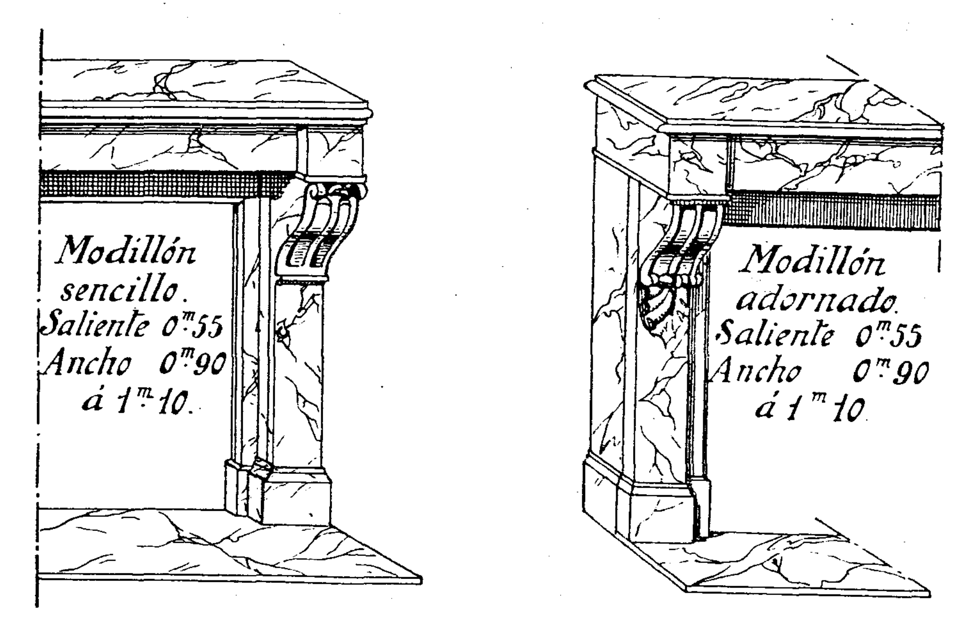
Figs. 514 y 515.—Chimeneas capuchinas.

y piedras duras como: solados, revestimientos, paneles de mármol, columnas, pilastras, jambajes, chimeneas, etc.

No tenemos nada que decir de los solados de mármol que se hacen con baldosas de forma exagonal, octogonal, cuadrada, en diago-

nal, etc.; estos solados no se diferencian de los de hormigón y cemento más que por la mayor riqueza del material.

Las columnas, pilastras, paneles, etc., son del dominio de la

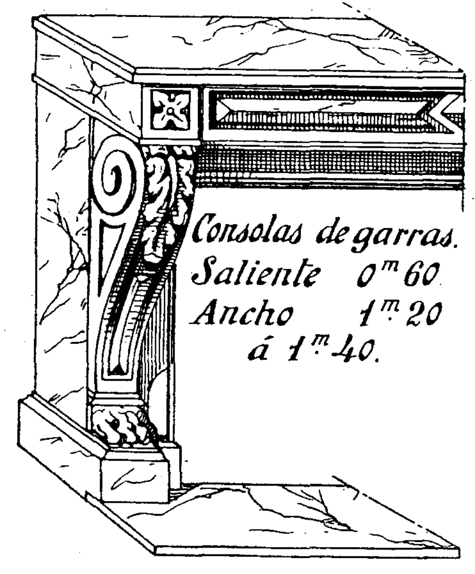


Figs. 516 y 517.—Chimeneas de modillones.

arquitectura y no tienen nada que ver, como elemento de mármol, con la construcción propiamente dicha.

«No parece, dice Viollet-le-Duc, que haya habido chimeneas en el interior de los palacios y casas de la época romana. Hasta el siglo XII no empezaron a usarse chimeneas en los interiores, hechas





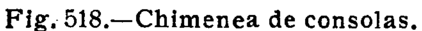
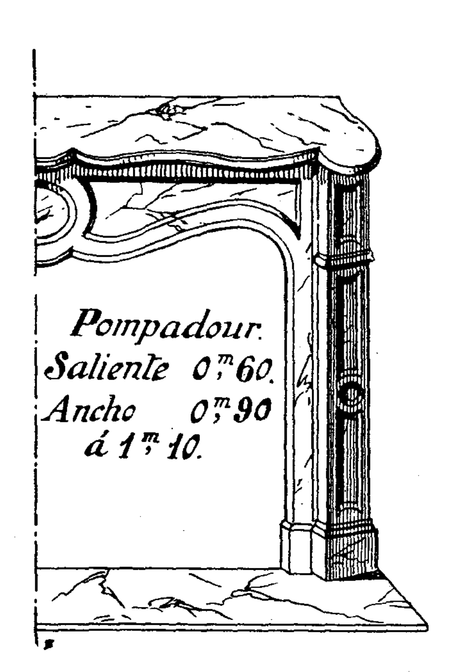


Fig. 518.—Chimenea de consolas. Fig. 519.—Chimenea de garras.

de piedra o de ladrillo y más tarde de ladrillo con envolvente de madera.»

En la época actual, las chimeneas ordinarias se hacen de mármol y el comercio pone a la disposición de los constructores cierto número de modelos, que vamos a examinar sucesivamente.

Chimeneas capuchinas.—Estas chimeneas deben su nombre a su sencillez; se componen de dos montantes verticales, sin molduras, que se apoyan en un pequeño zócalo, de un dintel y de un tablero todo liso (fig. 514). Las capuchinas se hacen siempre de mármoles





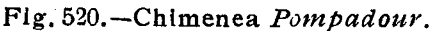
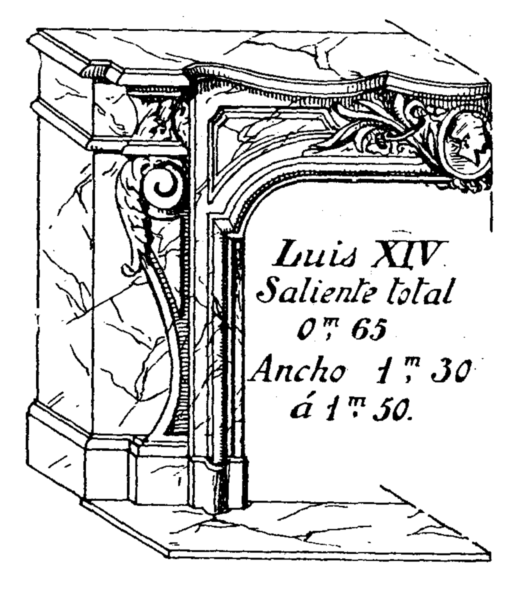


Fig. 520.—Chimenea *Pompadour*. Fig. 521.—Chimenea *Luis XIII*.

baratos. Las capuchinas pueden ser con o sin hogar, con o sin marco en el interior; a veces, las caras laterales (o revestimientos) se cubren con el mismo mármol que el de la chimenea, pero ordinaria-



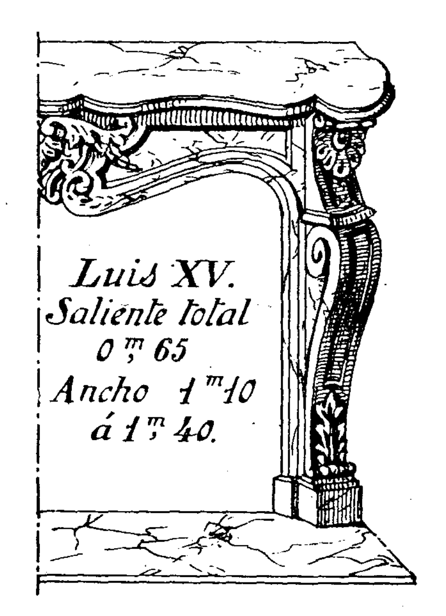


Fig. 522.—Chimenea *Luis XIV*. Fig. 523.—Chimenea *Luis XV*.

mente se hacen de yeso y se cubren con pintura (fig. 515). Estas chimeneas tienen de 0,90 a 1,10 m de ancho, con vuelo de 0,55 m.

Chimeneas de modillones.—Estas chimeneas toman su nombre de dos pequeñas repisas que sostienen el dintel. Estos mo-

dillones pueden ser lisos (fig. 516) o moldurados (fig. 517). Se hacen estas chimeneas de 0,90 a 1,10 ó 1,20 m de ancho, con vuelo de 0,55 m.

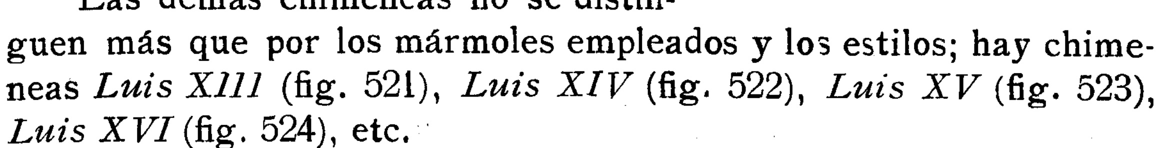
Chimeneas de consolas y de garras.—Estas chimeneas tienen grandes repisas o ménsulas que parten de la parte inferior del dintel y se apoyan en el zócalo (fig. 518). Son lisas o adornadas con hojas de acanto; las llamadas *de garras* tienen sus ménsulas terminadas en una pata de león (fig. 519). Se hacen de 1,10 a 1,40 m de ancho, con vuelo de 0,55 o de 0,60 m.

Chimeneas de estilos diversos.—La chimenea *Pompadour* tiene las caras chaflanadas, el dintel con la doble curva que es característica del estilo y tablero de perfiles suaves (fig. 520).

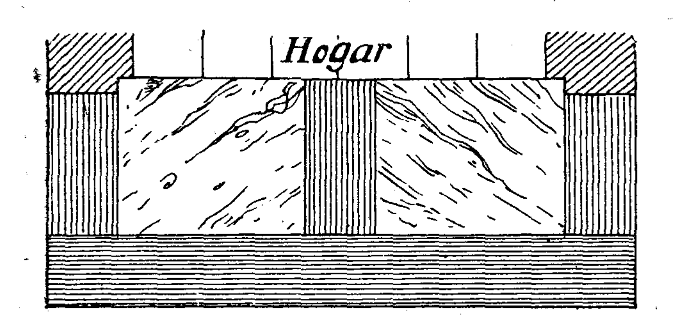
Fig. 524.—Chimenea *Luis XVI.*

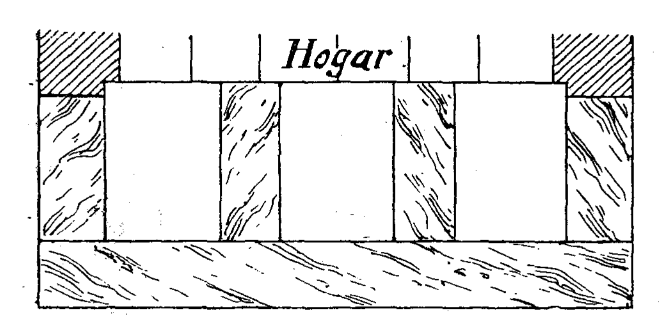


Las demás chimeneas no se distinguen más que por los mármoles empleados y los estilos; hay chimeneas *Luis XIII* (fig. 521), *Luis XIV* (fig. 522), *Luis XV* (fig. 523), *Luis XVI* (fig. 524), etc.



Claro es que además pueden construirse chimeneas de formas y estilos cualesquiera con arreglo a dibujo especial en cada caso.





Figs. 525 y 526.—Hogares para chimeneas.

Hogares. — Pueden ser sencillos o con compartimientos, es decir, que se hacen de una sola pieza o compuestos de mármoles aparejados y de distintos colores, como indican las figuras 525 y 526.

Chapeado. — Los mármoles obtenidos en placas delgadas son muy frágiles; se acostumbra a consolidarlas con el acoplamiento de otra piedra dura trabada con yeso. En los hogares de compartimientos esta precaución, de la que se prescinde algunas veces cuando se trata de mármoles en una pieza, es indispensable.

VIDRIERÍA

Propiedades y clases del vidrio.—El vidrio se conoce desde la más remota antigüedad; pero fué empleado primeramente en la confección de objetos pequeños y ornamentos de tocador. Solamente mucho más tarde, el progreso de la industria consintió el empleo del vidrio en los cierres de los vanos.

En general, el vidrio se compone de sílice, potasa o sosa y cal u óxido de plomo, que la fusión transforma en una masa transparente de gran dureza, atacable sólo por el diamante y por el ácido fluorhídrico. Es una materia dura pero muy frágil, transparente y lisa, que deja pasar la luz y el calor de la radiación solar, pero que, por el contrario, no deja escapar en sentido inverso el calor obscuro producido por la calefacción del aire y de los objetos que se encuentran en el interior, es decir, que el cristal es diatermano para el calor radiante luminoso y atermano para el calor radiante obscuro, cualidades preciosas que contribuyen a hacer agradable la estancia en las habitaciones.

Al pasar del estado líquido al sólido, conserva durante bastante tiempo un estado plástico que, por modelado o por moldeo, permite darle todas las formas; calentado y enfriado bruscamente por inmersión en agua fría, sufre una especie de *temple,* que lo hace mucho más duro, pero al mismo tiempo más quebradizo. El *vidrio templado,* muy resistente, se rompe en trozos muy menudos al sufrir un golpe fuerte.

El soplado del vidrio se hace como el de las pompas de jabón; sólo que es más peligroso. El vidriero coge con la *caña*—tubo largo de hierro—cierta cantidad de materia en fusión, líquida, y sopla. Según la intensidad con que sople, obtiene un globo o ampolla ligeramente ovoidal o cilindrocónico, que se vuelve a meter en el fuego para darle mayor maleabilidad al fondo, que se ensancha luego soplando enérgicamente; después, con un hilo de vidrio estirado se contornea cada uno de los dos casquetes de los extremos, lo que produce un corte limpio quedando un cilindro hueco o manguito que se hiende en sentido longitudinal, sirviéndose de un hierro cortante mojado en agua fría. No queda más que proceder a la segunda operación, que consiste en calentar de nuevo el manguito obtenido, colocarlo luego sobre una superficie para desarrollarlo y reducirlo a placas u hojas, por medio de un rodillo de madera. El producto obtenido es el vidrio plano de ventanas.

El trabajo del soplador es extremadamente peligroso; el hombre más robusto resiste poco tiempo esta labor, pues absorbe fatalmente cierta cantidad de aire recalentado y absolutamente

seco, que produce graves e irreparables desórdenes en su organismo.

Los vidrios ordinarios se dividen en sencillos, semidobles y dobles. Estas tres clases de vidrios se distinguen, además, por su fabricación más o menos perfecta.

Por la manera de hacer el soplado que sirve para la obtención de estos vidrios, presentan grandes diferencias de espesor, no sólo en una misma caja, sino también en una misma placa, no siendo raro que un vidrio de 5 mm de espesor tenga en un extremo 3 mm y 4 en el otro. Esta irregularidad hace que el peso del vidrio sea muy variable y que no pueda darse sino aproximadamente.

Vidrio sencillo.—Tiene aproximadamente de 1,2 a 2,2 mm de espesor y pesa, en promedio, 4 kilogramos por metro cuadrado.

La caja suele contener 60 vidrios, equivalentes a 27 m cuadrados.

Vidrio semidoble.—Tiene de 2 a 3 milímetros de espesor y pesa aproximadamente 6,25 kilogramos por metro cuadrado. La caja contiene 40 vidrios que representan 18 metros superficiales.

Vidrio doble.—Tiene de 3 a 4 milímetros de espesor y pesa aproximadamente 8 kilogramos por metro cuadrado.

La caja contiene 30 hojas, equivalentes a 13,50 metros cuadrados.

Cada vidrio se cuenta como equivalente a una superficie media de 0,45 m².

Las dimensiones corrientes del comercio son las doce siguientes:

69 × 66 cm,	72 × 63 cm,	75 × 60 cm,	85 × 57 cm,
87 × 54 »	90 × 51 »	96 × 48 »	102 × 45 »
108 × 42 »	114 × 39 »	120 × 36 »	126 × 33 »

Como se ve, el ancho varía de 3 en 3 cm y la altura de un modo irregular de 3 en 3 cm, o bien de 6 en 6 cm.

En los vidrios de medida especial la variación es de 3 cm en el ancho y en el largo.

En España se distinguen por números, que son la suma de sus dos dimensiones en pulgadas francesas. Así, un vidrio del número 20 tiene 12 × 8 pulgadas.

Colocación de los vidrios de ventanas.—Los vidrios se colocan en pequeños rebajos (fig. 527) que deben disponerse siempre que sea posible hacia el exterior. Cuando el marco donde se coloca el vidrio es de hierro, debe cortarse el vidrio casi justo dejando únicamente lugar para un listón de encina; claro es que, en este caso, el vidrio debe ser bastante grueso para que forme tablero e impida la

Madera — Masilla — Clavo — Vidrio

Fig. 527.
Rebajo para vidrio.

deformación de la ventana. En las ventanas y puertas de madera se corta el vidrio justo, se calza cuanto es necesario y se fija en su sitio con pequeñas puntas que el vidriero clava de modo que

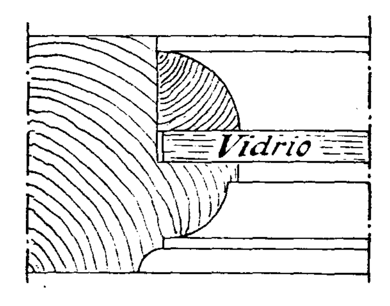


Fig. 528.
Colocación del vidrio con junquillo (sin masilla).

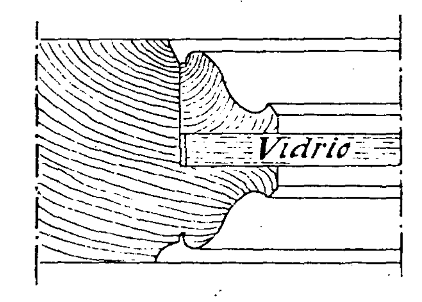


Fig. 529.
Colocación del vidrio con listón moldurado (sin masilla).

las oculte después la masilla o mástique. El mástique consolida el vidrio, tapona la junta entre el vidrio y la madera e impide el paso del agua y del aire.

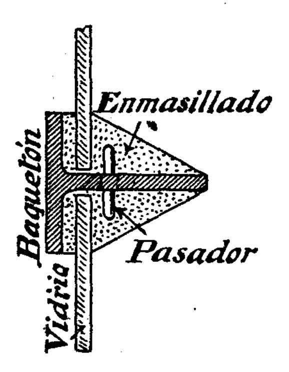
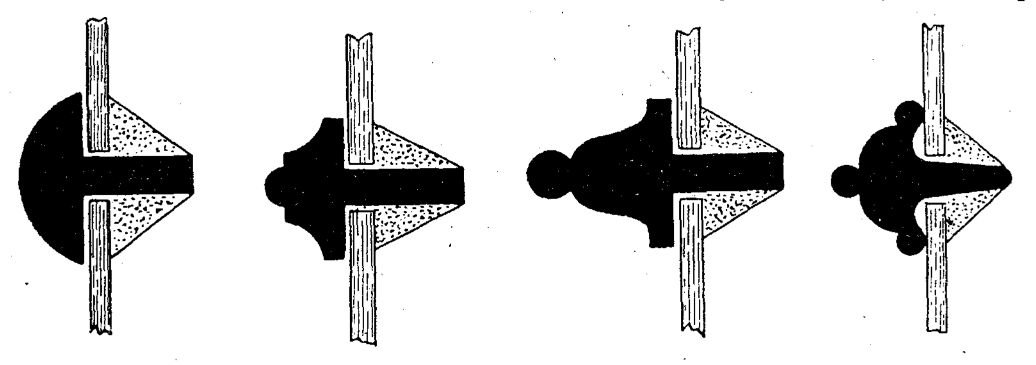


Fig. 530. — Colocación del vidrio con baquetón de hierro.

En las partes envidrieradas del interior de las habitaciones se coloca algunas veces el cristal sin masilla, en el marco, donde se sostiene con un listoncillo de madera liso (fig. 528) o moldurado (fig. 529).

Cuando el bastidor de la ventana es metálico, se reemplazan los clavos con pequeñas clavijas que pasan por agujeros practicados en los baquetones de hierro y quedan ocultas en la masilla (fig. 530).

El mástique se dispone en bisel y no debe rebasar las dimensiones del marco. Este enmasillado es liso, pero sería posible darle más elegancia, empleando una terraja que dejara en el mástique un perfil que recordara al hierro moldurado. Los extremos podrían dejarse sin perfilar para



Figs. 531 a 534.—Baquetones diversos de hierro.

evitar en los ángulos el acuerdo de los perfiles, y en ellos sólo se haría el chaflanado. Con una herramienta bien combinada y un poco de práctica, creemos que no resultaría muy caro este enmasillado decorativo.

Los catálogos de los talleres de forja y fundición dan una gran variedad de hierros para vidrieras, que también se llaman *baquetones de hierro.*

En la figura 531 damos un perfil de mediacaña que se emplea muy a menudo en ventanas y puertas sencillas, de cocina por ejemplo. Si se quiere más elegancia se pueden emplear los perfiles de las figuras 532 a 534. Los vidrios se sostienen, en la forma indicada en la figura 530, por clavijas colocadas con una separación de unos 40 cm, según las dimensiones del vidrio.

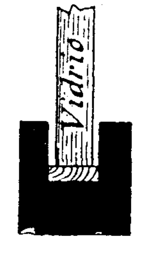


Fig. 535. Bastidor de hierro ranurado.

A veces se hacen bastidores de hierro ranurado (figura 535) en los que el vidrio se sujeta con pequeñas cuñas de madera. Para permitir la introducción del vidrio, uno de los lados del bastidor es móvil: se corre el vidrio por las ranuras hasta su sitio, y luego se fija, por medio de una clavija, el lado móvil. Siempre se calzan algo los vidrios, en estos bastidores.

Colocación de los vidrios de cubiertas.—Es uno de los problemas más difíciles que tiene que resolver el constructor, para obtener una cubierta perfecta. A primera vista, parece que las cubiertas de vidrio no han de presentar dificultad alguna, pues se cree que es suficiente dar bastante recubrimiento a los vidrios y enmasillarlos bien. Sin embargo, esto no es bastante, pues el defecto capital de las cubiertas de vidrio es la condensación inevitable que se produce en ellas, por la gran superficie de enfriamiento que presentan. El vapor de agua contenido en el aire se condensa, forma gotas, y al caer deteriora los objetos que quieren resguardarse. El constructor tiene, pues, que combatir la condensación sobre el vidrio y sobre los hierros.

Nos ocuparemos primeramente del vidrio. En los vidrios de una pieza, cuando la inclinación es bastante grande (de unos 10 cm por metro) no hay que preocuparse más que de evacuar el agua por la parte inferior; sin embargo, como que en la mayor parte de los casos la cubierta se compone de elementos pequeños, habiendo gran número de juntas, éstas son otros tantos obstáculos para la salida de las gotas condensadas, que se acumulan y por último caen y causan daños. Además, los vidrios puestos en contacto (figura 536) no se unen de un modo absoluto, el vapor de agua penetra entre ellos, el agua de lluvia, por capilaridad, asciende por la junta y el polvo viene bien pronto a formar, en toda la superficie del recubrimiento, un barro que presenta un aspecto deplorable.

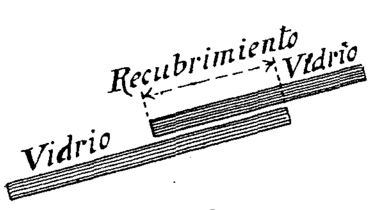
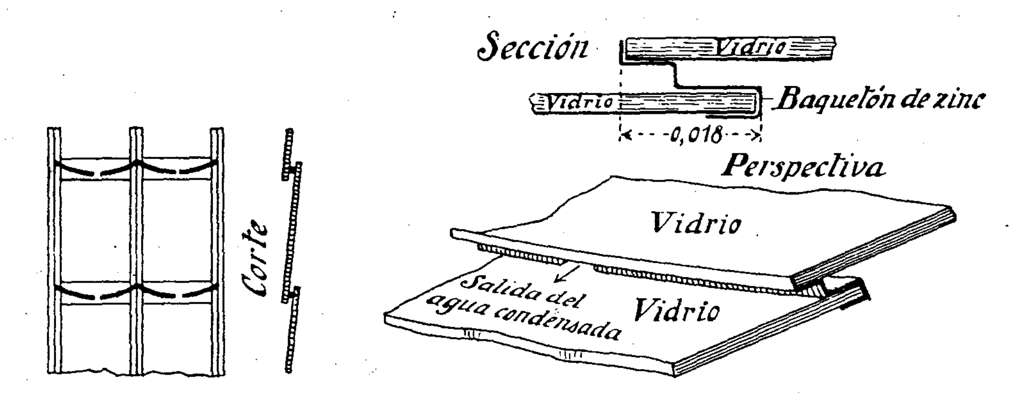


Fig. 536. Recubrimiento de los vidrios de una cubierta.

Es preferible, siempre, dejar un espacio de algunos milímetros

entre los dos vidrios, para que el agua procedente de la condensación pueda salir al exterior.

Tipos diversos de juntas para vidrios de cubiertas.—Los resultados más prácticos y más económicos se han obtenido con los baquetones de metal o de cualquier otra materia, interpuestos entre los dos



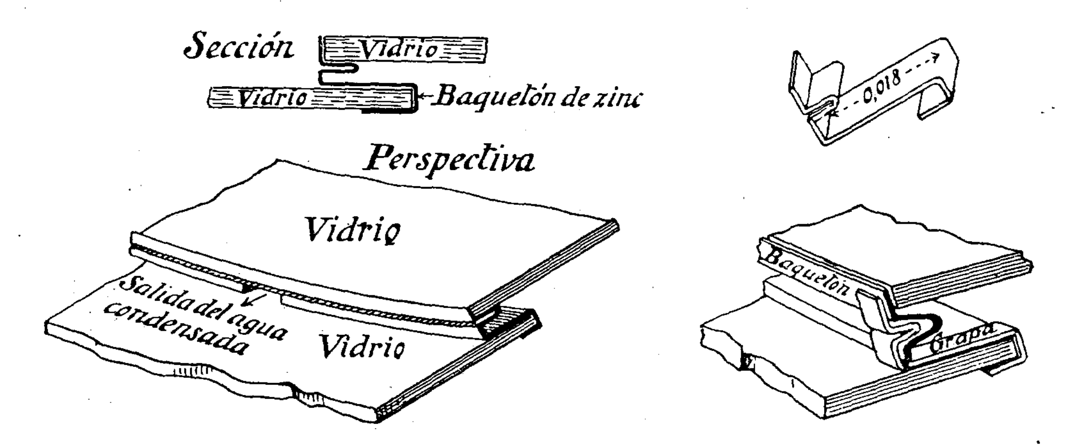
Figs. 537 y 538.—Baquetón *Collin*. Figs. 539 y 540.—Baquetón *Bigeard*.

vidrios. Todos los sistemas de juntas de vidrios se fundan en este principio: recoger el agua de condensación y evacuarla en cada junta.

Son muy numerosos los sistemas, hasta el punto de poder decirse que cada vidriero tiene el suyo, no difiriendo apenas más que por la forma del baquetón.

Examinaremos algunos de los tipos de más aplicación, cuyo éxito ha demostrado la experiencia.

El baquetón Collin que se empleó en la Exposición de 1878, es de plomo y se coloca entre los dos vidrios; en el centro una ligera depresión permite la salida del agua recogida (figs. 537 y 538).



Figs. 541 y 542.—Baquetón *Sartore*. Figs. 543 y 544.—Baquetón *Murat*.

El baquetón Bigeard, que forma gancho continuo, es arqueado y perforado en el centro (figs. 539 y 540) para que salga el agua.

El baquetón Sartore es una variedad del precedente (figs. 541 y 542).

El baquetón Murat (Kaeppelin fils) tiene sobre los precedentes la ventaja de no bordear de metal el vidrio inferior y por consiguiente de no activar la condensación.

En este sistema, el baquetón se sujeta al vidrio inferior mediante una grapa, en cada extremo, que tiene la forma indicada en la figura 543; el baquetón tiene en sección la forma que se ve en la figura 544. Tanto en este caso como en los tipos anteriores, se puede hacer un contraenmasillado, encima y debajo, de manera que quede absolutamente calafateada toda la junta, menos el agujero de salida del agua condensada.

Estos baquetones responden perfectamente a la misión de evacuar el agua (fig. 545). La gota, una vez formada, sigue el vidrio y desciende hasta el baquetón, donde se detiene y, gracias a la forma arqueada, sale al exterior por el agujero.

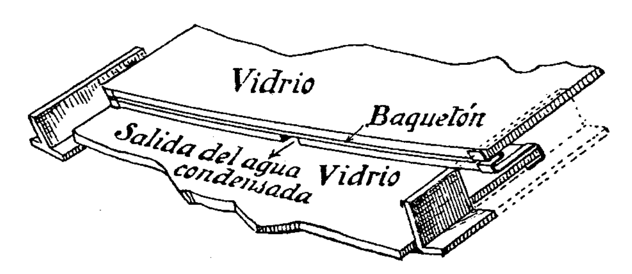


Fig. 545.—Baquetón *Murat.*

En el sistema Collantier (figura 546) el mástique se reemplaza por dos bandas de una materia que el inventor llama *lino-metal*. Estas bandas, que tienen la propiedad de pegarse al vidrio, reemplazan al mástique, que no se emplea más que en la parte horizontal entre el vidrio y el hierro. No comprendemos por qué el recubrimiento de la arista del hierro no se hace con una sola banda puesta encima, como se practica ordinariamente con las bandas de plomo.

Desnoulet suprime por completo el mástique. Reviste el hierro con una banda de zinc terminada en canalillos, debajo del vidrio

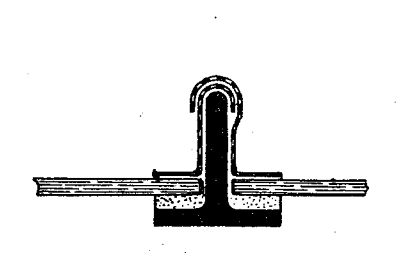


Fig. 546.
Junta para cubiertas de vidrio, sistema *Collantier.*

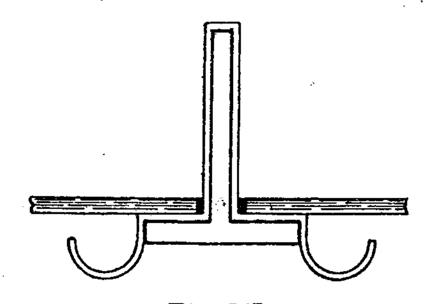


Fig. 547.
Junta para cubiertas de vidrio, sistema *Desnoulet.*

(figura 547), que recogen las gotas que puedan pasar y las llevan al exterior. El vidrio se fija al zinc por un ligero encolado en los bordes (indicado de negro en la figura). A nuestro juicio, este sistema tiene el inconveniente de que la presión del aire, en los casos en que actúe por debajo, puede levantar los vidrios.

La condensación sobre los hierros es más difícil de evitar. Un procedimiento muy ingenioso se ha ensayado, que consiste en pintar con una mixtura el hierro y espolvorearlo con polvos de trapo; los resultados al principio han sido excelentes, pero después el polvo de

lana se humedece y se reproduce la condensación como si no se hubiese tomado ninguna precaución.

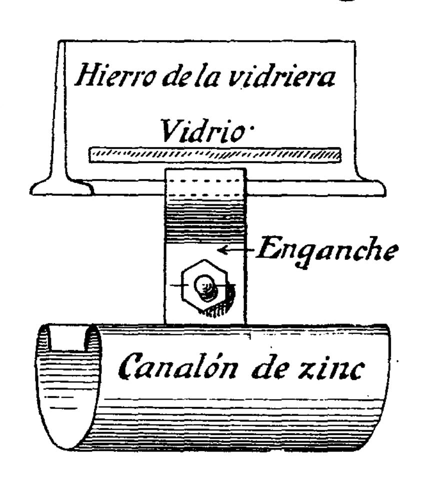


Fig. 548.—Colector del agua de condensación.

Se ha tratado de buscar formas de hierros que puedan recoger el agua, llegando hasta a poner un canaloncillo debajo de cada hierro. Esto nos parece razonable, pues permite separar el canalón lo suficiente para que se encuentre a una temperatura casi igual a la del local cubierto y, en este caso, la condensación tendrá lugar sobre el hierro expuesto directamente al enfriamiento, cayendo la gota en el canalón (fig. 548), y el agua saldrá rápidamente al exterior.

De este principio han partido los inventores para evitar las fugas, tan frecuentes en las cubiertas de vidrio, recogiendo el agua en canalones paralelos al alma del hierro y suprimiendo por completo el mástique.

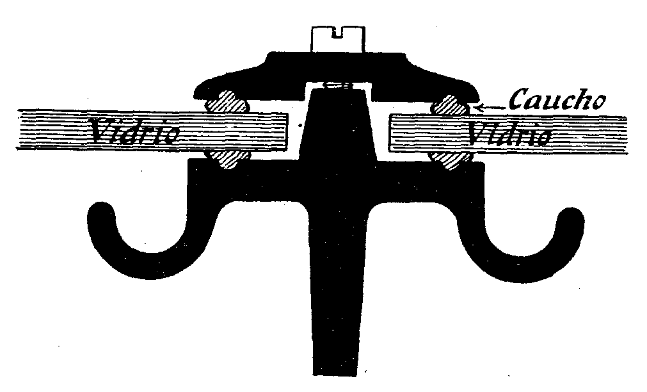


Fig. 549.—Hierro y junta, sistema *Hardy*, para cubiertas de vidrio.

La figura 549 representa el sistema Hardy (de la casa Joachim et Cie.) que es análogo a un procedimiento que se emplea hace mucho tiempo en Alemania. El vidrio se coge entre dos hierros provistos de pequeñas ranuras en las cuales se coloca un cordón redondo de caucho. Apretando un tornillo de cobre se comprime el caucho y se forma una junta hermética, dejando sin embargo cierta libertad a los movimientos de dilatación.

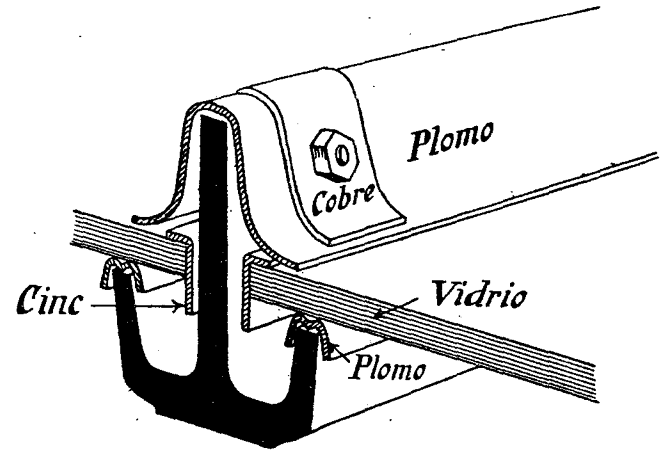


Fig. 550.—Hierro y junta, sistema *Murat*, para cubiertas de vidrio.

Los hierros del sistema Murat (fig. 550) también forman dos canales, destinados a recoger el agua que pudiera pasar y conducirla al exterior. Las alas del hierro, sobre las cuales descansan los vidrios, se guarnecen de plomo para suavizar el apoyo; el vidrio está, en sus bordes longitudinales, guarnecido con una baquetilla de zinc pegada con cerusa; el conjunto se recubre con un cubrejuntas de plomo que se

fija de trecho en trecho por un caballero de cobre cogido con tornillo.

Este sistema ha sufrido varias transformaciones; en la figura 551 damos una de las últimas formas.

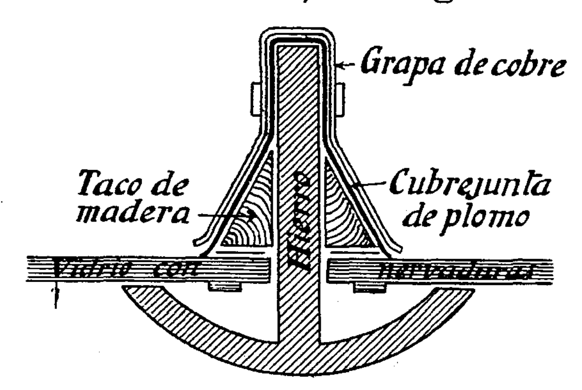


Fig. 551.
Junta *Murat*, para cubiertas de vidrio.

La figura 552 representa un sistema inglés que su autor llama «Invencible»; el baquetón, así como el recubrimiento, son de cobre o de zinc, doblado del modo que indica la figura. Este sistema parece presentar poca resistencia y da la sensación de no servir más que para luces muy pequeñas.

El sistema «Eclipse» es también inglés (fig. 553). El baquetón es de acero, cubierto enteramente por una aleación de plomo estañado.

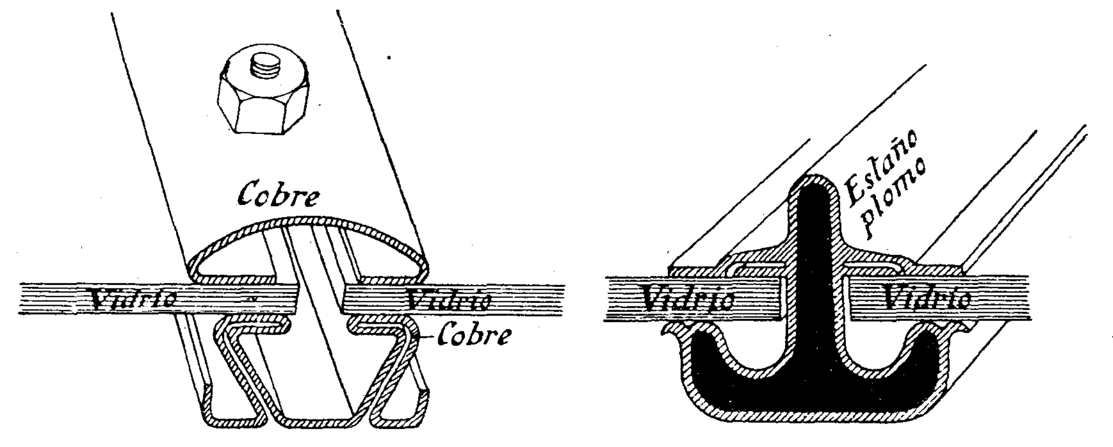
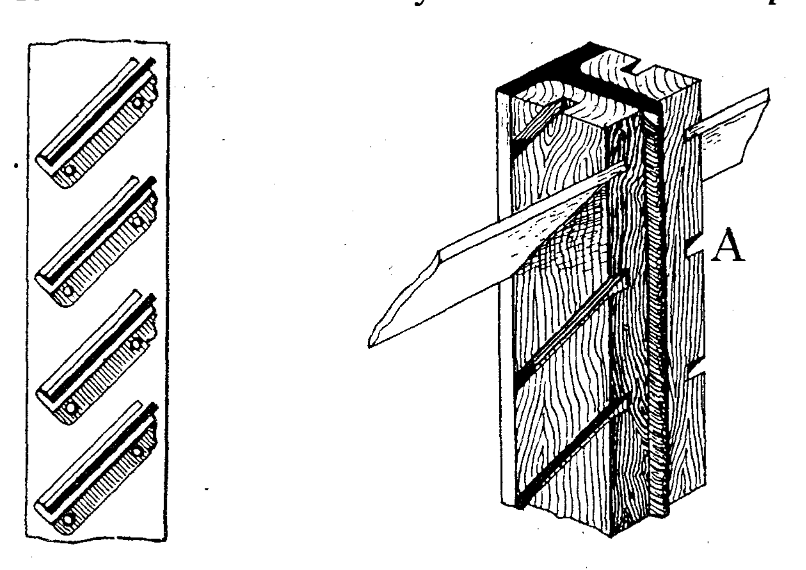


Fig. 552.
Junta *Invencible*, para cubiertas de vidrio.

Fig. 553.
Junta *Eclipse*, para cubiertas de vidrio.

Estos diversos sistemas no convienen más que para vidrieras formadas entre correas y con vidrios de una pieza; los recubrimientos practicados en las vidrieras con mástique no pueden hacerse; las limatesas, limahoyas, los bastidores de puertas, etc., presentan también dificultades que no han sido vencidas todavía de una manera práctica.



Figs. 554 y 555.—Persianas de vidrio.

El vidrio se emplea, también, formando persiana en los mercados cubiertos. Deja de este modo penetrar la luz y el aire, pero se opone a la entrada de la lluvia (fig. 554). A propósito de esta

cuestión, recordamos haber propuesto en 1878, con ocasión de un concurso celebrado para la construcción de un mercado cubierto, un procedimiento muy sencillo de montaje de persianas de vidrio que tal vez pueda servir a nuestros lectores.

El procedimiento consistía sencillamente en revestir los montantes (hierros en T) con baquetones de madera cuya escuadría era de unos 3 × 4 cm y en los cuales se habían practicado, previamente, muescas *A* (fig. 555) para introducir los vidrios; éstos quedaban detenidos por las alas del hierro en T.

DIFERENTES CLASES DE VIDRIOS

Vidrio deslustrado.—No deja pasar los rayos visuales, pero no es refractario a los rayos luminosos. Se obtiene el vidrio deslustrado de varias maneras. Una de ellas consiste en desarrollar el manguito sobre una mesa cubierta con arena o yeso, obteniéndose una especie de vidrio enarenado. Otro procedimiento es el de untar con aceite la superficie y frotarla con otro trozo de vidrio; también frotando con arenisca. Por último, atacando el vidrio con ácido fluorhídrico. Por este último procedimiento se pueden obtener varios tonos según que la corrosión sea mayor o menor; para ello es suficiente regular la concentración del ácido o el tiempo de su acción, obteniéndose hermosos vidrios grabados.

Agreguemos, desde el punto de vista práctico, que se obtiene también el deslustrado, pero menos sólido, dándole al vidrio una mano de blanco de plata con aceite, mediante una muñeca de muselina rellena de algodón en rama.

Vidrios acanalados o estriados.—No dejan pasar los rayos visuales más que de un modo difuso; se obtienen en moldes que tienen pequeñas acanaladuras o estrías, formando rombos.

Vidrios catedral.—Son también vidrios colados, imitan admirablemente una placa de metal que se hubiera martilleado sobre una materia poco resistente, plomo, por ejemplo.

Vidrios muselina.—Presentan dibujos formados por la alternancia de partes transparentes y partes deslustradas. Estos dibujos se obtienen por medio de dibujos picados; las partes que han de quedar transparentes se protegen, por un cuerpo aislante o reserva, del ataque del ácido que produce el deslustrado.

Vidrios de colores.—Se obtienen por la adición de óxidos metálicos: el de cobalto calcinado y pulverizado da el azul zafiro; el deu-

tóxido de cobre da el azul celeste; el protóxido de cobre da el rojo púrpura; el óxido de cromo da el verde; el óxido de uranio da el amarillo canario; el óxido de manganeso da el violeta y, por último, el cloruro de plata da el amarillo.

Lunas o vidrios para espejo.—Además de la pureza de la materia, lo que diferencia el vidrio de lunas del ordinario es que este último es soplado, mientras que aquél es fundido. Se distingue del vidrio ordinario por la mayor regularidad del espesor, por la superficie más lisa que, alumbrada oblicuamente, no refleja como el vidrio, por los glóbulos que son esféricos en el cristal y ovoides y muy alargados en el vidrio ordinario por causa del desarrollo del cilindro o manguito sobre la mesa (figs. 556 y 557).

Son muy numerosas las fórmulas de composición del vidrio de espejos. Daremos, como ejemplo, una fórmula empleada en Saint-Gobain:

Arena muy blanca y muy pura	300	partes
Carbonato de sosa.	100	»
Cal apagada en el aire	43	»
Restós de lunas.	300	»

Esta mezcla, fundida en un crisol, sufre un afino y una segunda fusión en otro de boca más ancha; después de fundida, se echa sobre una mesa de metal que tiene un reborde de altura igual al espesor que se quiere obtener y que al mismo tiempo impide que la materia

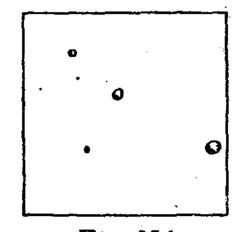


Fig. 556.
Glóbulos del vidrio de lunas.

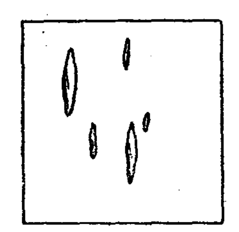


Fig. 557.
Glóbulos del vidrio ordinario.

vítrea se derrame; por último un rodillo de fundición o cilindro laminador, pasa sobre los bordes para darle al cristal un espesor regular. No queda entonces más que proceder al pulimento, operación que consiste en frotar el cristal con arena cuarzosa de granos gruesos, después con arena fina y, finalmente, con esmeril pulverizado diluído en gran cantidad de agua.

AZOGAMIENTO DE LAS LUNAS.—Se hace con mercurio o con plata; se han ensayado otra multitud de procedimientos, pero los resultados obtenidos no han sido satisfactorios.

El azogado con mercurio se hace por medio de una amalgama de estaño. Se extiende sobre un mármol, colocado horizontalmente, una hoja de estaño de las dimensiones del cristal; después se coloca

una capa de mercurio de unos 5 mm de espesor. El cristal, previamente pulimentado, se coloca encima y se carga uniformemente para comprimirlo sobre el mercurio; se inclina, después, la superficie del mármol, para que se escurra el mercurio sobrante, quedando adherida al cristal una amalgama compuesta, aproximadamente, de cuatro partes de estaño y una de mercurio.

Este método exige mucho tiempo, por lo que se aplican otros procedimientos de azogado con mercurio mucho más expeditos, pero que dan un alinde cuya adherencia es menor.

Las tentativas hechas para azogar con la plata han tenido, principalmente, por finalidad evitar los peligros que ofrece para la salud de los obreros el empleo de las amalgamas mercuriales. El problema está resuelto en la actualidad y la mayor parte de las lunas son *azogadas* con plata.

Los espejos deben colocarse, siempre, sobre un revestimiento de madera delgado. Entre este revestimiento y el espejo, se coloca una bayeta fuerte que protege el azogado contra la humedad.

Vidrio armado.—Es vidrio fundido con una tela metálica en su interior. Con este vidrio se evita el empleo de enrejados protectores, aunque no la rotura del vidrio. Las fábricas de vidrio de Saint-Gobain, Chauny y Cirey fabrican vidrio armado que puede utilizarse donde la rotura de los vidrios de la cubierta pueda ser un peligro; son vidrios laminados en cuyo espesor existe una tela metálica de mallas cuadradas de alambre ondulado o retorcido.

Estos vidrios pueden fabricarse de cualquier espesor, y según las dimensiones de los mismos la armadura metálica es más o menos fuerte.

Baldosas de vidrio.—Para dar luz a los sótanos, corredores, pasillos o piezas sin vanos, se utilizan los suelos de baldosas de vidrio o suelos luminosos; estas baldosas dejan pasar la luz sin que permitan distinguir los objetos y son de superficie tan poco resbaladiza como las de mármol. Se emplean en los sitios muy frecuentados y también en el exterior.

Las fábricas suministran baldosas cuyo espesor varía entre 1,5 y 3,5 cm o más, con longitudes y anchos diversos.

Las baldosas, cuya dimensión media es de unos 30 cm de lado, se fabrican en forma de adoquines, para colocar en bastidores metálicos, o cortadas en grandes placas.

Las baldosas de vidrio no se colocan sobre otra superficie como los demás embaldosados, toda vez que han de dejar paso a la luz, sino en un bastidor cuadriculado, constituído por hierros ⊥ con cerco de hierros en ángulo (figs. 559 y 560).

Estos bastidores se reticulan con cuadrados, rectángulos, rom-

bos u otra figura cualquiera por medio de hierros con rebajos, ensamblados unos sobre otros mediante barras acodilladas; el conjunto del bastidor se coloca unos centímetros por debajo del nivel del entarimado o piso.

Una vez montado el bastidor, se colocan las baldosas, procediendo de distintas maneras. A veces, se emplea mástique, interpo-

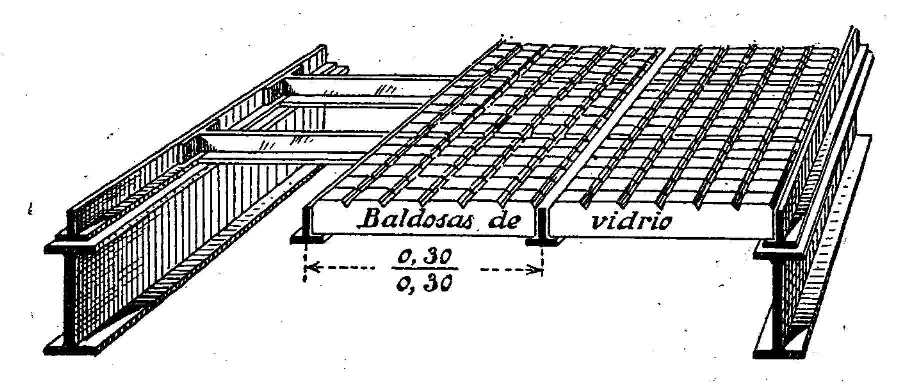
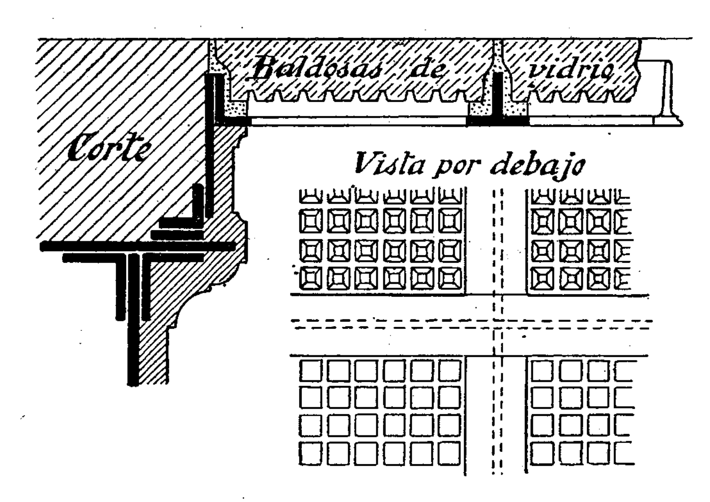


Fig. 558.—Embaldosado de vidrio.

niendo cuñas de madera para evitar el aplastamiento del mástique que es plástico cuando se pone en obra y se endurece muy lentamente: esta es la disposición de la figura 558. Otras veces se rellenan las juntas con cemento portland o con betún de fontanero, y si el embaldosado está libre se puede echar brea o asfalto en las juntas. Otro procedimiento para colocar las baldosas consiste en formar, con cuatro listones pequeños cortados en inglete, un marco que se coloca sin ensamblaje en el fondo del rebajo; estos listones pueden moldurarse



Figs. 559 y 560.—Embaldosado de vidrio.

y contribuir a la decoración de los pequeños recuadros que forma el embaldosado. El relleno de las juntas se hace de la misma manera que en el procedimiento anterior, empleando la substancia que se preste mejor al fin que se persigue.

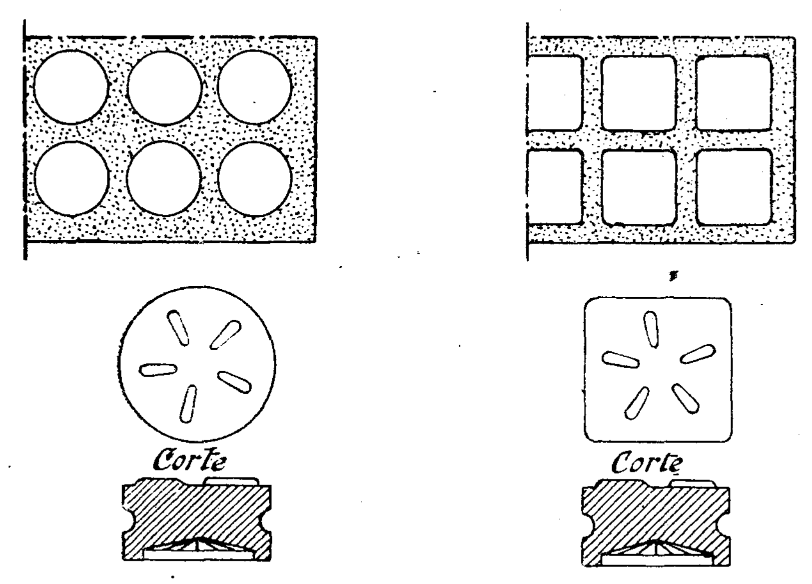
Las baldosas de vidrio se hacen algunas veces estriadas o reticuladas, para evitar el resbalamiento.

También pueden colocarse estas baldosas en una armazón de

hormigón armado. Se fabrican de forma circular de 10 cm de diámetro (figs. 561, 562 y 563), de forma cuadrada (figs. 564, 565 y 566), etc. La parte superior presenta algunos salientes para evitar el resbalamiento y la inferior está moldeada en forma de estrella.

El enlucido superior del hormigón se hace después, pudiendo emplearse un revestimiento de xilolita, de mosaico o sencillamente de cemento, según el local donde se encuentre el suelo de baldosas de vidrio.

También se fabrican baldosas transparentes que se embeben, en el macizo de hormigón armado, mediante una rosca moldeada en el



Figs. 561 a 566.—Baldosas luminosas.

vidrio. El bloque de vidrio se coloca en el hormigón envuelto por un aislante plástico; de este modo, en caso de reparación, se puede quitar la baldosa, destornillándola, e introducir otra provista de rosca con paso idéntico.

VIDRIERAS ARTÍSTICAS

Se llama vidriera artística una superficie formada con diversos paneles de vidrios de colores.

En los primeros tiempos, la vidriera artística era una especie de mosaico transparente; el dibujo, o más bien los compartimientos, se obtenían por la yuxtaposición de elementos de diversos matices, lo que fué el punto de partida de la pintura sobre vidrio.

En el siglo VI se empezó a engastar los vidrios de colores en la piedra, en el mármol y en la madera. Muy pronto se pasó a montarlos con plomo, hasta que en el siglo XIII las vidrieras artísticas llegan a su mayor esplendor.

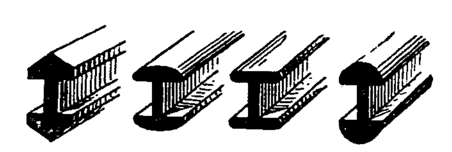
Sin ocuparnos de la parte artística (1) diremos algo sobre su

(1) Véase BARBEROT, *Histoire des Styles d'Architecture*, 2 tomos, Béranger, París.

montura en plomo y sobre los bastidores y varillas de protección.

Para la montura en plomo se emplean pequeños baquetones cuya sección recuerda la de los hierros en doble T (figs. 567 a 570).

El trabajo varía con el dibujo. Cuando éste presenta cierta complicación, se empieza por engastar, separadamente, los elementos principales, que después se unen con plomos secundarios y se va soldando a medida que sea necesario.



Figs. 567 a 570.
Plomos para la montura de vidrieras artísticas.

Los paneles que se obtienen por este procedimiento son muy flexibles. «Es claro, dice Viollet-le-Duc, que estos paneles no pueden pasar de ciertas dimensiones, pues deben resistir la presión del viento. La montura en plomo deja cierta elasticidad muy necesaria para la conservación de estos paneles. El compositor vidriero debe tener en cuenta estos elementos materiales de la obra, atendiendo a ellos no menos que a las condiciones ópticas. De aquellos elementos depende la solidez y duración y, por lo mismo, deben influir en la concepción del artista, que si es hábil sabrá sacar partido de ellos. Las armaduras de hierro señalan las grandes divisiones decorativas y dan la escala del objeto, factor más importante de lo que generalmente se cree. Los plomos acusan el dibujo y separan los colores con trazos vigorosos, condición necesaria para que armonicen entre sí los tonos translúcidos (fig. 571).»



Fig. 571. — Vidriera artística montada en plomo.

Los progresos de la industria han permitido reemplazar, en ocasiones, el costoso trabajo de las vidrieras artísticas. En todas las épocas se ha empleado el procedimiento de pintar sobre cristales sin cocción y proteger esta pintura con un segundo cristal incoloro.

Hay un nuevo procedimiento, la «cristalografía», por el cual se obtienen las que se llaman «vidrieras adiamantadas»; consiste en una pintura más o menos sencilla o artística hecha por medio de colores especiales indelebles fijados, después, por una cristalización de vidrios machacados que los hace absolutamente inalterables.

Un doble vidrio protege esta cristalización y, mediante una tira de caucho, se obtiene una junta hermética entre los dos cristales, que impide en absoluto la acción del aire, del polvo o de cualquier materia extraña, así como la condensación de la humedad atmosférica.

Para las *estufas y jardines de invierno,* este procedimiento de cristalización con doble vidrio puede aplicarse, con o sin decoración, ahorrando el empleo de persianas durante el verano, pues produce la difusión de los rayos solares sin quitar el efecto, y permitiendo prescindir de las esteras en invierno, ya que no estando el vidrio interior expuesto a la temperatura externa, se disminuye considerablemente su enfriamiento, a lo que también contribuye la capa de cristales que encierran los vidrios.

En el comercio, se encuentran un gran número de productos que imitan las vidrieras.

CAPÍTULO VII

Carpintería de armar

Ensambladuras en general.—Empalmes.—Ensambladura propiamente dicha: ensambladuras de caja y espiga, ensambladuras de cola de milano, ensambladuras de encuentro, ensambladuras de barbilla, ensambladuras a media madera.—Cepos.—Acoplamientos: vigas compuestas, cálculo de las vigas compuestas, acoplamientos de refuerzo.—Vigas armadas.
Suelos de madera.—Descripción y detalles constructivos.—Modos de impedir la putrefacción de las vigas.—Peso propio de diversos suelos de madera.—Sobrecarga de los suelos.—Escuadría de los maderos para suelos.—Herrajes de los suelos.
Entramados de madera.—Descripción y detalles constructivos.—Escuadría de los maderos para entramados.—Herrajes de los entramados.—Relleno de los entramados de madera: relleno de yesones y yeso, relleno de ladrillo.
Escaleras de madera.—Peldaños.—Perfiles de la huella.—Peldaños aparentes por debajo.—Cielorraso de las escaleras.—Zancas de madera.—Perfiles de las zancas.—Núcleos o almas.—Barandillas: pilastras, pasamanos.—Herrajes de las escaleras.
Armaduras de madera para cubiertas.—Estructura general de las cubiertas.—Pares.—Pares de limatesa y de limahoya.—Tirante.—Pendolón.—Tornapuntas.—Jabalcones.—Pilarejos.—Puntales.—Nudillos.—Hilera o cumbrera.—Riostras.—Tornapuntas de cumbrera.—Correas.—Egiones.—Cabios.—Carreras.—Talones.—Cepos.—Pendiente de las cubiertas.—Peso propio y sobrecarga de las cubiertas.—Armaduras para cobertizos o cubiertas de tejadillo.—Cubiertas de dos aguas, sin armaduras.—Armaduras ordinarias a dos aguas.—Armaduras poligonales.—Armaduras con linterna.—Armaduras con suelo colgado.—Armaduras curvas.—Armaduras sobre pies derechos.—Armaduras en diente de sierra.—Armaduras a la Mansard.—Arriostramiento de las armaduras.—Armaduras para cúpulas.—Flecnas de campanario.—Tinglados económicos.—Escuadría de las piezas de las armaduras.—Herrajes de las armaduras de madera.

Se llama carpintería de armar el conjunto de procedimientos que constituyen el arte de labrar y ensamblar los maderos destinados a las obras de construcción. Abarca el estudio de las ensambladuras en general, el de los entramados de vigas para suelos, el de los entramados verticales o entramados propiamente dichos, el de las escaleras y el de las armaduras de cubiertas.

ENSAMBLADURAS EN GENERAL

Empalmes.—El carpintero no dispone siempre de elementos suficientemente largos para salvar las luces, a veces considerables, de la obra, por lo que necesita recurrir al arte.

Uno de los primeros problemas consiste, por lo tanto, en alargar una pieza de madera y ésto se hace de distintas maneras:

a) Por *empalme a junta plana o al tope* (fig. 572) que no conviene más que cuando no son de temer deslizamientos, y aun en este caso conviene, por prudencia, unir las dos piezas por medio de una espiga.

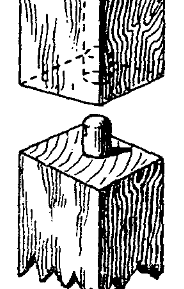


Fig. 572. Empalme a tope con espiga.

b) Por *empalme a tope, con grapas* (fig. 573). Las grapas son piezas de hierro con dos puntas cuya inclinación permite apretar las piezas una contra otra (fig. 574).

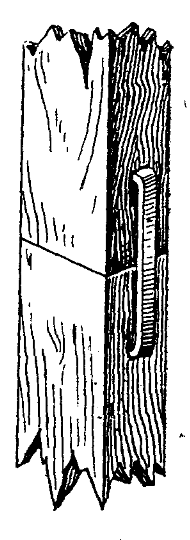


Fig. 573. Empalme a tope con grapas.

c) Por *empalme a tope, con bridas* de hierro y pernos (fig. 575).

d) Por *empalme a media madera,* con cortes a escuadra y pernos de refuerzo (figura 576).

e) Por *empalme de pico de flauta,* con cortes rectos y pernos (fig. 577); también pueden emplearse bridas.

f) Por *empalme de rayo de Júpiter,* oblicuo, ya con llave (fig. 578), ya con pernos fig. 579).

g) Por *empalme de llave* (fig. 580).

h) Finalmente, existen empalmes complicados que sólo se usan en casos especiales (figs. 581 a 583).

Ensambladuras propiamente dichas.—En la carpintería de armar se hacen casi siempre a *caja y espiga;* vamos, pues, a examinar estos dos elementos antes de describir los distintos modos de unión. La *espiga* (fig. 584) es un saliente de madera que se labra en el extremo de una pieza y destinado a penetrar en un rebajo llamado *caja* (fig. 585) practicado en el otro madero. El grueso de la espiga, ordinariamente, es igual al tercio del espesor de la madera; la caja debe tener, en hueco, la misma forma e iguales dimensiones que la espiga, aunque para permitir la fácil entrada de esta última, se da generalmente una profundidad algo mayor a la caja.

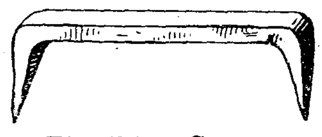


Fig. 574. — Grapa.

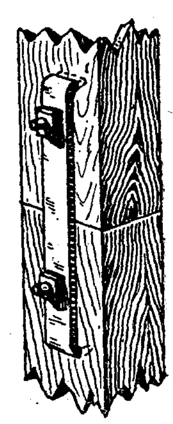


Fig. 575. Empalme a tope con bridas.

La ensambladura de caja y espiga se completa con una clavija que sirve para mantener unidas las piezas, sobre todo durante la puesta en obra, pero no deben considerarse nunca como elemento de resistencia, pues ésta debe confiarse a la disposición de la ensambladura. Estas ensambladuras se hacen también con varias cajas y espigas, atravesadas todas por la misma cabilla.

Cuando la pieza que lleva la espiga es horizontal, se le da a veces un apoyo, que es un *embarbillado* (fig. 586).

Para los brochales se coloca la espiga de plano para debilitar

menos las viguetas que soportan la carga total; en este caso la espiga afecta una de las formas que indicamos en las figuras 587 a 590.

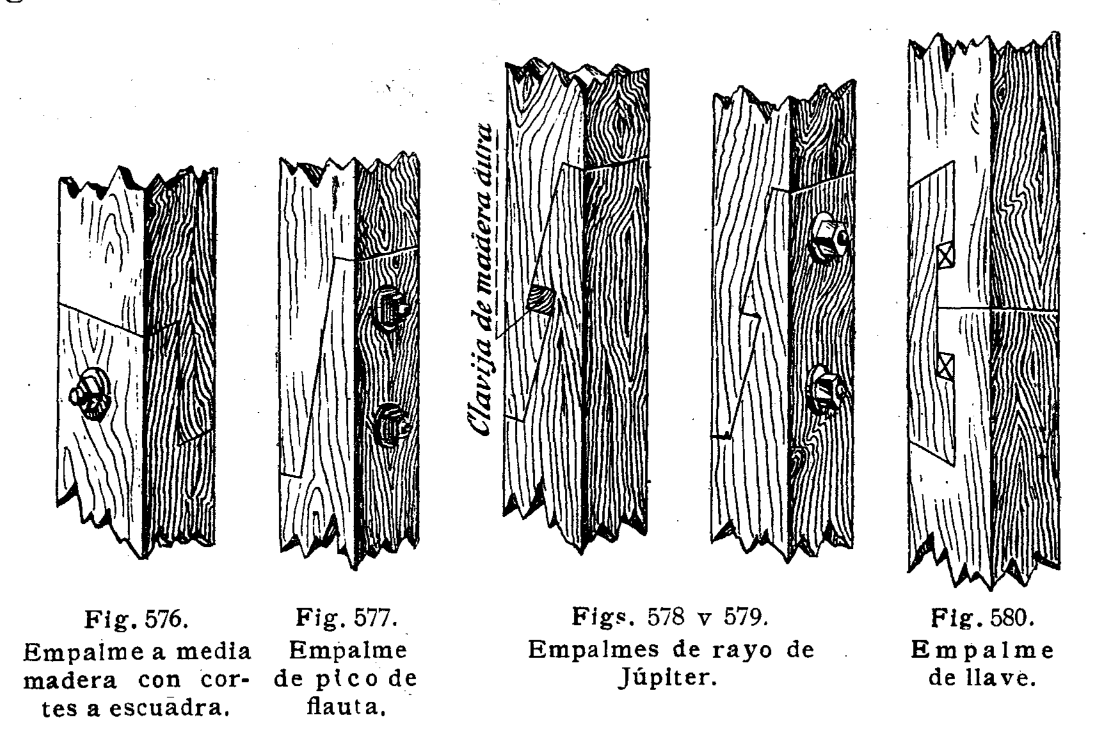


Fig. 576. Empalme a media madera con cortes a escuadra.

Fig. 577. Empalme de pico de flauta.

Figs. 578 y 579. Empalmes de rayo de Júpiter.

Fig. 580. Empalme de llave.

En las *ensambladuras colgadas,* las espigas y cajas se completan con una llave (fig. 591), la espiga puede ser sencilla o múltiple como en los casos precedentes. Cuando se trata de cargar un pendolón, se debe recurrir a *estribos* de hierro ensamblados con pernos (fig. 592).

También se hacen ensam-

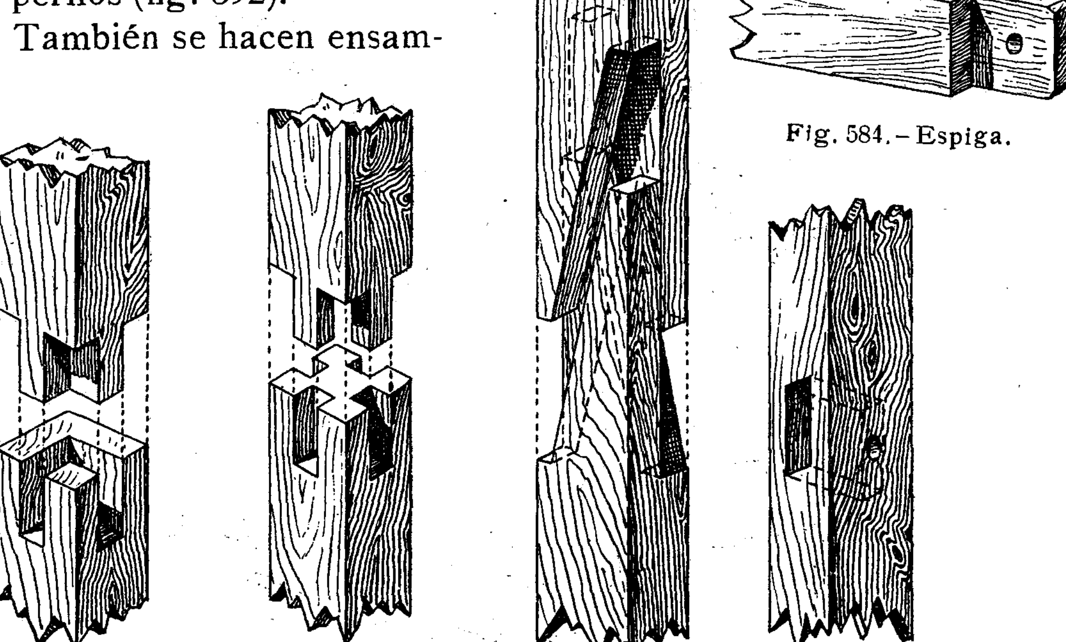


Fig. 584. – Espiga.

Figs. 581 a 583. — Empalmes especiales.

Fig. 585. — Caja.

bladuras de *cola de milano,* en que la espiga tiene la forma de cola de milano, o también la de cola de pescado. El espesor de la cola de milano es igual a la mitad del grueso de la madera; la caja y la

cola se hacen de dos maneras distintas, según como deba trabajar

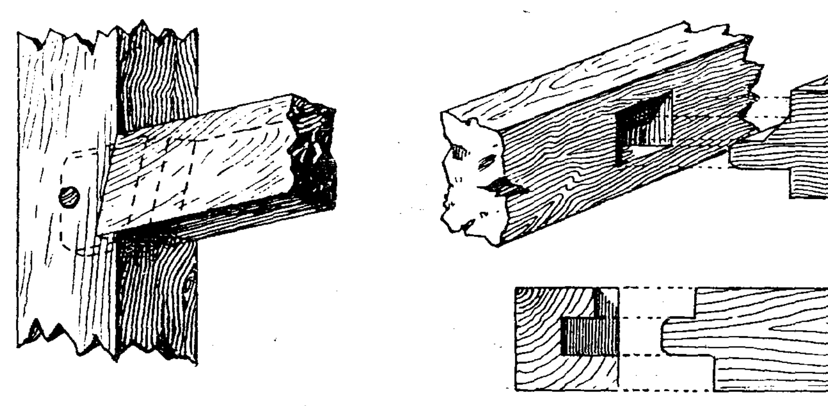
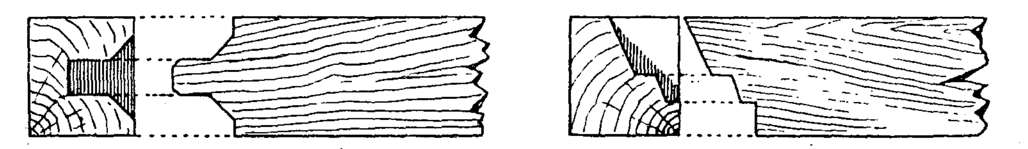


Fig. 586.— Ensambladura de caja y espiga, con embarbillado.

Figs. 587 y 588. — Ensambladuras de caja y espiga para embrochalados.

la ensambladura. Si se trata, por ejemplo, de ensamblar una pieza



Figs. 589 y 590.—Ensambladuras de caja y espiga para embrochalados.

horizontal con una pieza vertical fija, se recurrirá al corte indicado

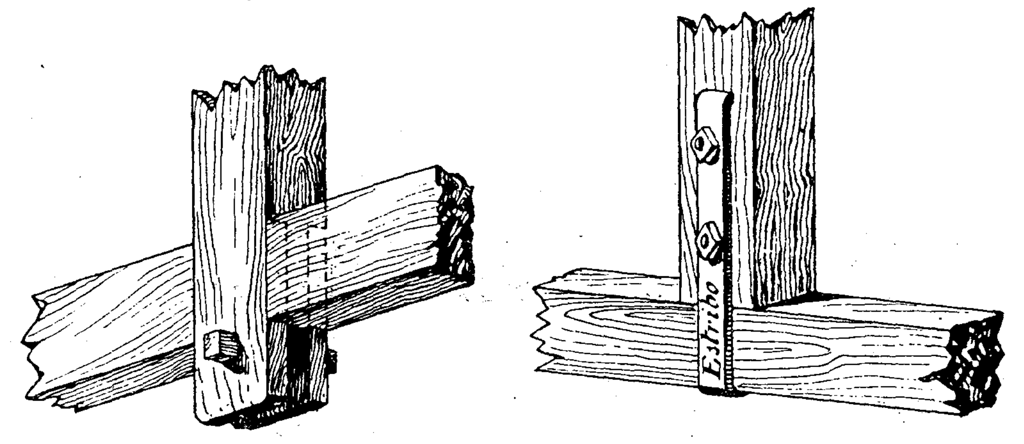


Fig. 591. — Ensambladura colgada.

Fig. 592.—Ensambladura de pendolón y tirante, en una armadura de cubierta.

en la figura 593; por el contrario, cuando hay necesidad de que la

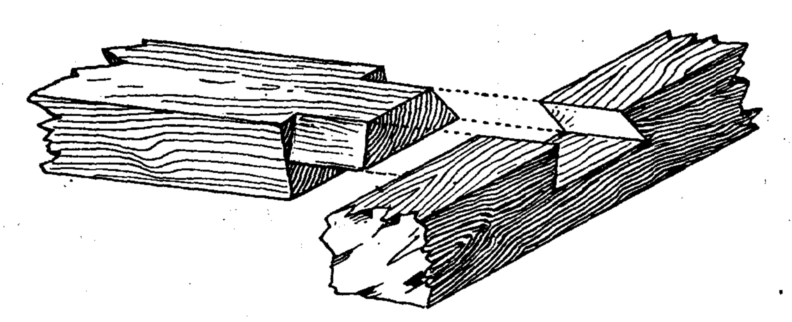


Fig. 593.—Ensambladura ordinaria de cola de milano.

pieza que lleva la espiga resista esfuerzos de tracción, deberá preferirse la ensambladura que indicamos en la figura 594. Los dos

tipos descritos son los más sencillos, pero son muchas las combinaciones que pueden hacerse con las ensambladuras de cola de milano, aunque siempre complicando la mano de obra.

Las ensambladuras *de ángulo* o *de encuentro* se hacen a media

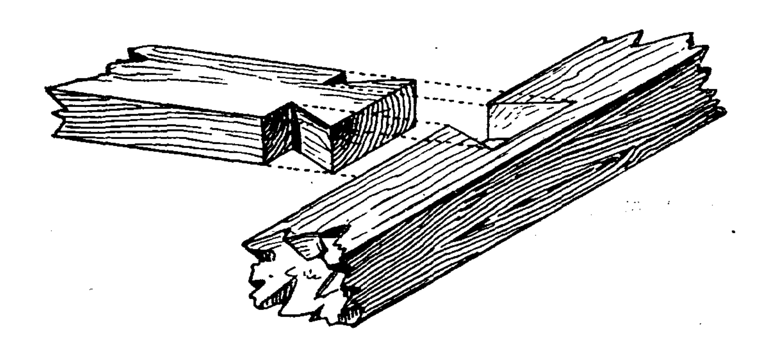


Fig. 594.—Ensambladura de cola de milano para resistir esfuerzos de tracción.

madera (fig. 595), de cola de milano (fig. 596), de horquilla (fig. 597) y a inglete (fig. 598).

Las ensambladuras *de barbilla* se hacen algunas veces sin espigas (fig. 599), por ejemplo, en el caso de que la pieza ensamblada esté siempre sometida a una compresión y ningún esfuerzo tienda a separarla de la entalladura o barbilla donde está embutida; sin embargo, es más frecuente la ensambladura de barbilla y espiga, pudiendo ser con simple (fig. 600) o con doble embarbillado (fig. 601); cuando la

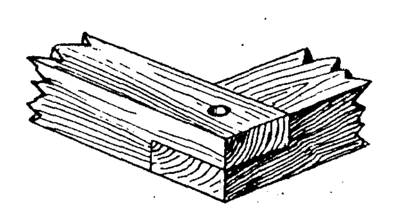


Fig. 595.
Ensambladura de ángulo, a media madera.

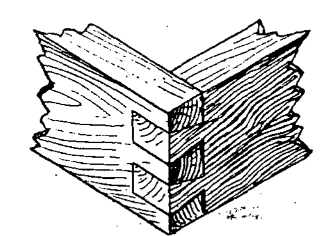


Fig. 596.
Ensambladura de ángulo, con colas de milano.

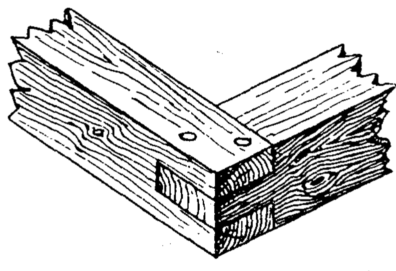


Fig. 597.
Ensambladura de ángulo, con espiga y horquilla.

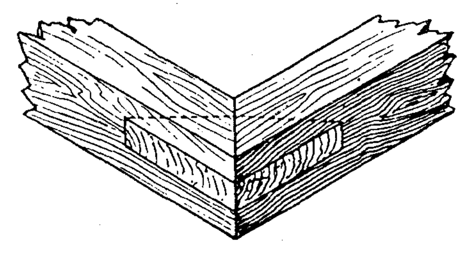
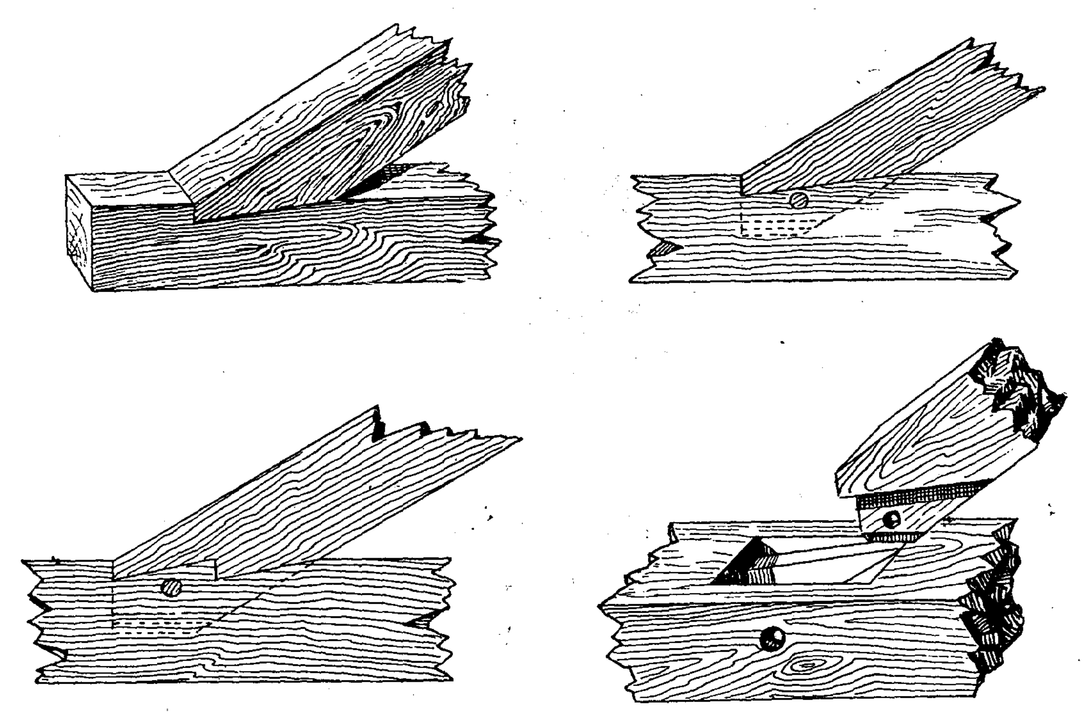


Fig. 598.
Ensambladura de ángulo, a inglete.

pieza que lleva la espiga es de menos escuadría que aquella con la cual va a ensamblarse, se adopta la disposición de espiga y barbilla oculta que indicamos en la figura 602.

Las ensambladuras *a media madera* presentan una gran variedad; las más sencillas son las que representan las figuras 603 y 604.

Cepos.—Como veremos bien pronto, constituyen un elemento importante de la carpintería de armar. Están formados por dos piezas iguales que abrazan otro madero, perpendicular u oblicuo a las



Figs. 599 a 602.—Ensambladuras de barbilla diversas.

primeras; estas dos piezas se labran y atraviesan por un perno (figuras 605 y 606).

Acoplamientos.—Con frecuencia sucede que los materiales de que disponemos son insuficientes, en resistencia y en longitud, y

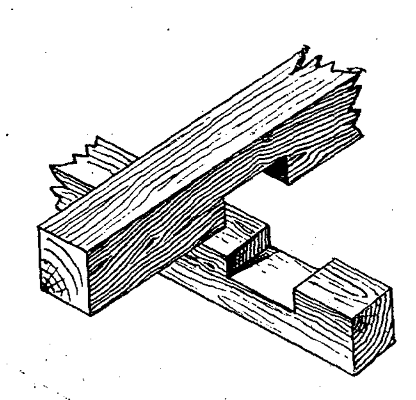


Fig. 603.
Ensambladura a media madera, con cortes rectos.

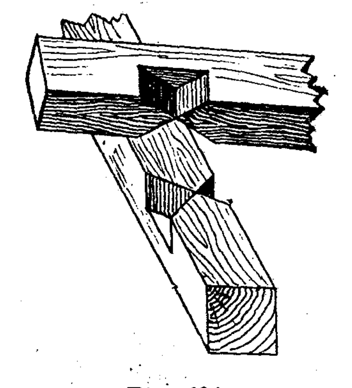


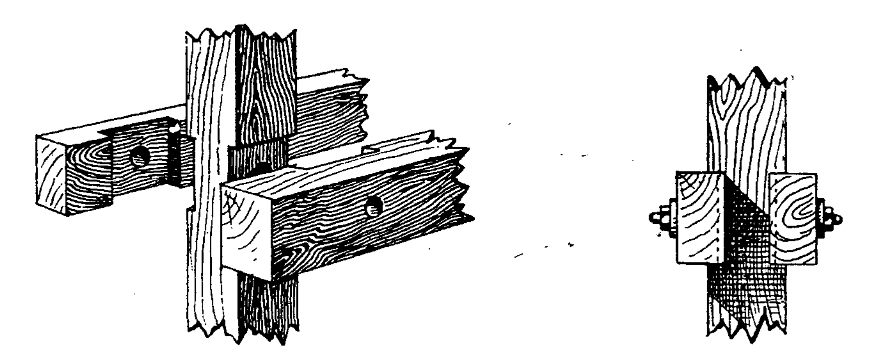
Fig. 604.
Ensambladura a media madera, con cortes oblicuos.

entonces hay necesidad de reforzar la sección, siendo posible también, como veremos, obtener piezas de longitud indefinida.

VIGAS COMPUESTAS.—Las diferentes piezas que componen estas vigas se acoplan entre sí por *redientes,* con o sin llave, apretándolas con pernos.

De ordinario se da a estas vigas una altura igual a $^1/_{12}$ de su lon-

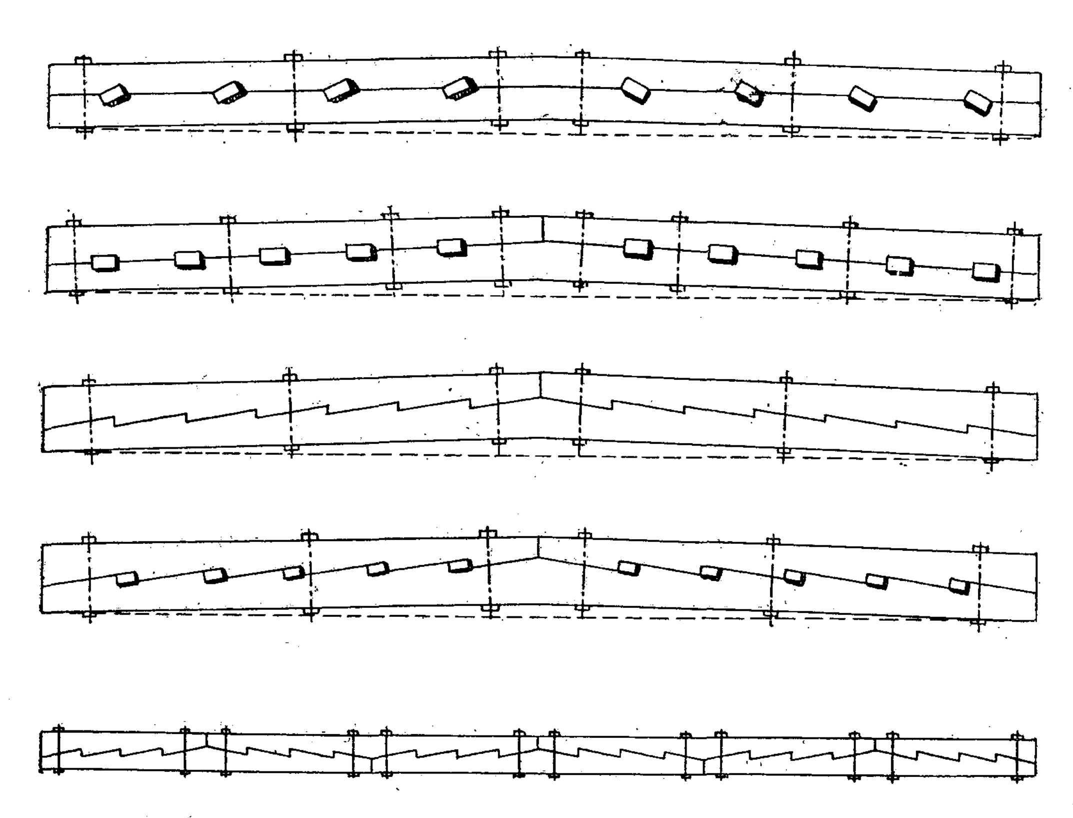
gitud o luz, aproximadamente; la longitud de los redientes se toma igual a la altura de la viga y deben trazarse siguiendo una línea que arranque del tercio inferior de la altura, en los extremos, y termine



Figs. 605 y 606.—Disposición de un cepo (perspectiva y proyección).

en el tercio superior de la altura central, como muestran claramente las figuras 609 y 610.

«Para aumentar la resistencia de estas vigas acopladas—dice Wanderley—y para que no tomen demasiada flecha después de cargadas, se les da un ligero peralte. Este peralte varía entre $^1/_{60}$ y $^1/_{100}$



Figs. 607 a 611.—Vigas compuestas.

de la luz, y se obtiene apoyando el centro de la viga en un punto fijo, mientras que los extremos se aprietan contra el suelo, por medio de gatos. Para ello, se empotran en el suelo dos marcos sólidos de madera contra los cuales empujan los gatos.

»La viga se deja flexada hasta que se han abierto los agujeros y se han colocado los pernos. Como los redientes deben coincidir de

una manera perfecta, hay que preparar esmeradamente las caras de contacto.

»Por la descripción que precede, se ve que la construcción de estas vigas exige muchos cuidados, y que no puede confiarse a obreros poco hábiles.

»Para obtener resultados satisfactorios, simplificando el trabajo, se emplea algunas veces el siguiente procedimiento: se deja un poco de juego entre los espaldones de los redientes, que se rellena después introduciendo en ellos, a golpes de mazo, llaves de madera dura o de hierro. Este procedimiento obvía el inconveniente de la desigualdad, en las dimensiones de los redientes, de las dos piezas que se acoplan. Las llaves o clavijas se clavan con fuerza, mientras la viga está flexada todavía en el taller. En la práctica siempre se emplean las vigas acopladas con llaves, aun en el caso que pueda contarse con una esmerada mano de obra.

»Construídas con toda clase de precauciones, estas vigas tienen una resistencia igual a los tres cuartos de la de una viga de igual sección formada de una sola pieza.

»CÁLCULO DE LAS VIGAS COMPUESTAS.—La fórmula que sirve para el cálculo de una pieza de madera rectangular que hace las veces de viga, puede escribirse:

$$P = k \times \frac{bh^2}{l}$$

en la cual representan:

b la base del rectángulo,
h la altura del rectángulo,
P la carga única concentrada en el centro de la viga,
l la luz de la viga,
k un factor numérico que depende del coeficiente de resistencia.

»Por lo tanto, para una viga compuesta:

$$P = \frac{3}{4} k \times \frac{BH^2}{l},$$

siendo B y H las dimensiones de la sección de la viga compuesta. Para que ésta presente la misma resistencia que la viga sencilla, es preciso que, para una misma carga P y una misma luz l, se verfique:

$$\frac{3}{4} BH^2 = bh^2.$$

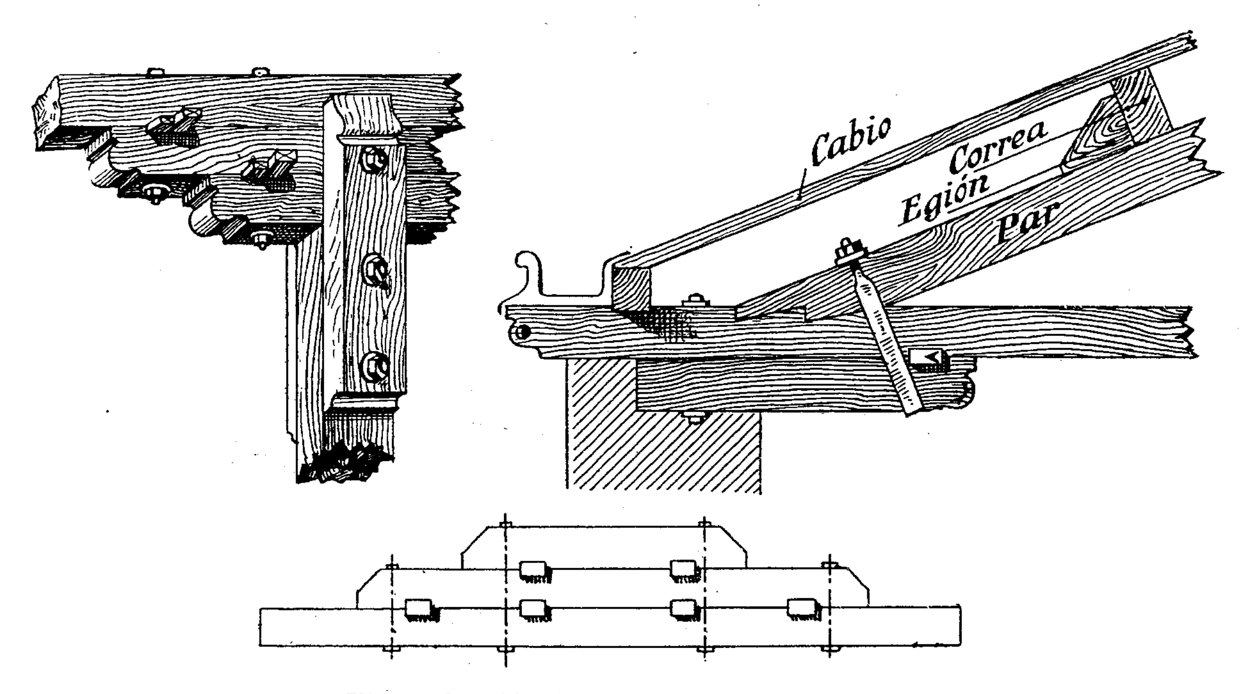
»Si las secciones son semejantes, es decir, si los lados tienen entre sí la misma relación, por ejemplo

$$\frac{H}{B} = \frac{h}{b} = \frac{7}{5},$$

substituyendo B por $^5/_7\ H$ y b por $^5/_7\ h$, resultará: $\frac{3}{4}\ H^3 = h^3$, o bien

$$1{,}44\ H = 1{,}59\ h;\ \text{es decir},\ H = 1{,}10\ h.$$

»Se ve pues, que, para una misma luz y secciones semejantes, la viga compuesta debe tener por lo menos un 10 % más de altura que



Figs. 612 a 614.—Acoplamiento de refuerzo.

la viga sencilla, para lograr igual resistencia; en general, se toma un coeficiente superior a 1,10 llegando incluso a 1,30.

»Cada junta se cubre con una brida de hierro, y los espaldones de los redientes se separan con delgadas chapas de plomo

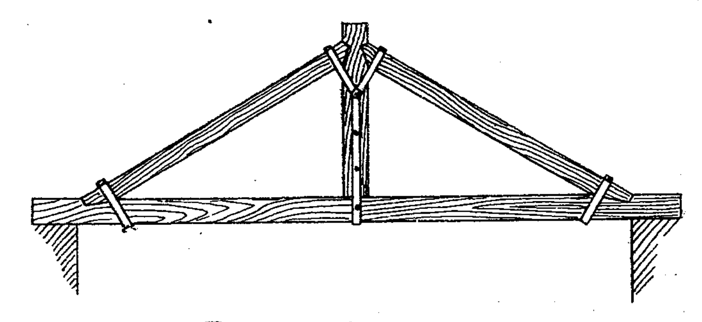


Fig. 615.—Viga armada.

para que las maderas no insistan directamente unas sobre otras.»

ACOPLAMIENTOS DE REFUERZO.—En la cabeza de un pie derecho se puede reforzar la viga por medio de una zapata simple o doble (figura 612). La misma disposición es aplicable, también, en los apoyos de los pares (fig. 613) o en los refuerzos de las vigas (figura 614).

Vigas armadas.—La combinación más sencilla consiste en colocar en el centro de la viga una péndola que, por dos tornapuntas, transmita la carga a los apoyos (fig. 615).

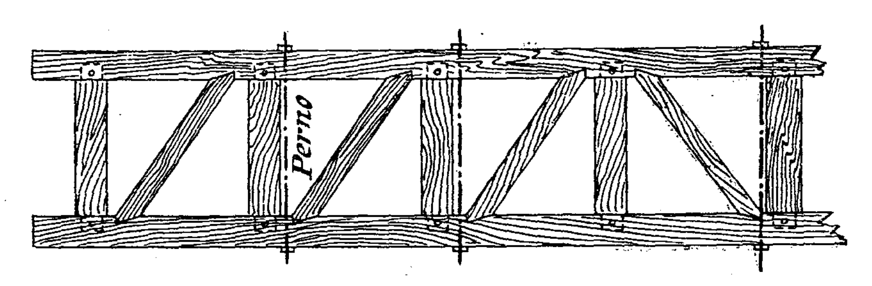


Fig. 616.—Viga triangulada.

Otro tipo de vigas armadas es la *viga triangulada* (fig. 616), llamada también *americana* o *viga de celosía,* aunque esta última denominación se aplica más bien a las vigas metálicas.

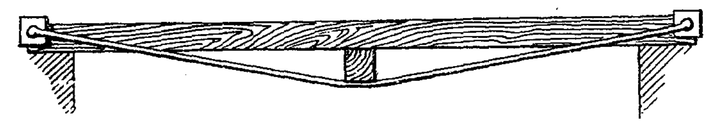


Fig. 617.—Viga atirantada.

La viga atirantada es la más racional, en estos tiempos en que el hierro es de fácil adquisición (fig. 617).

SUELOS DE MADERA

Descripción y detalles constructivos. — Los suelos de madera son verdaderos entramados horizontales de madera, lo mismo que los suelos metálicos son entramados de hierro. Sirven para separar los diferentes pisos de una construcción y sostienen los pavimentos. Se componen de tres partes principales: el cielorraso o techo, el suelo propiamente dicho y el entarimado o embaldosado.

Las viguetas de madera no pueden empotrarse en un muro medianero porque, como se pudren y están colocadas a pequeñas distancias, constituyen en el muro una línea horizontal de débil resistencia, lo que puede ser causa de graves accidentes; únicamente deben empotrarse las vigas maestras que sostienen las viguetas. Además, los conductos de humos deben distanciarse de las maderas con arreglo a lo que dispongan, en cada caso, las ordenanzas municipales; ordinariamente se toma para dicha separación 20 cm.

Hay tres especies de suelos que se diferencian por la construcción particular de cada uno.

El primero es el más sencillo y está compuesto de viguetas con una entrega de 20 cm, por término medio, en los muros y espaciadas

de 25 a 40 cm, según su escuadría, luz y peso que deba soportar el suelo (fig. 618).

Pero este sistema no es conveniente en ciertos casos, por ejemplo: si en los muros que sostienen las viguetas hay vanos que rebasan el nivel del suelo o, en el caso de vanos ordinarios, cuando el dintel es poco resistente, o también, si se trata de muros medianeros. Entonces, hay necesidad de emplear los *embrochalados,* que consisten en un *brochal* o vigueta apoyada en otras dos y que a su vez sostiene cierto número de viguetas. Un buen procedimiento es el de apoyar las viguetas en una carrera que descansa en modillones o canes de piedra o de hierro

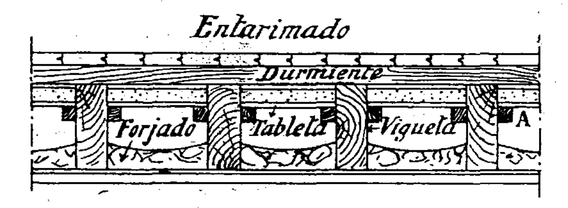
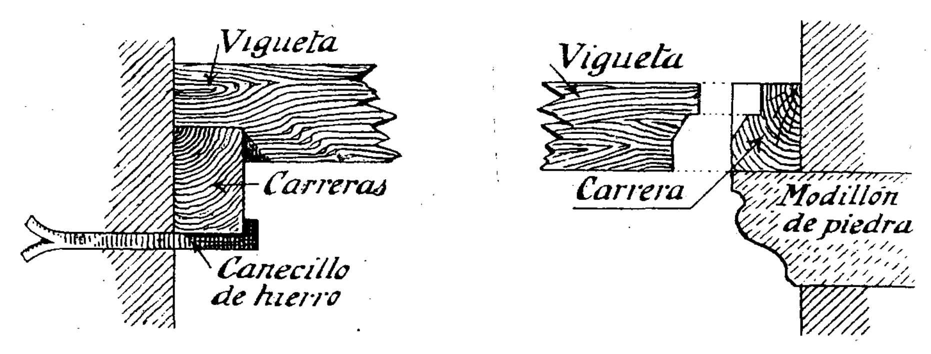


Fig. 618. — Suelo sencillo de madera.



Figs. 619 y 620.
Disposiciones de las carreras para sostener las viguetas, junto al muro.

(figuras 619 y 620). Cuando las viguetas están sólidamente asentadas en esta última forma, el conjunto del suelo resulta más seguro porque casi siempre es en los empotramientos donde peligran las maderas.

En el sitio de las chimeneas es preciso reservar una parte para el hogar, y en ella las maderas se reemplazan por un enrejado de hierro (figura 621).

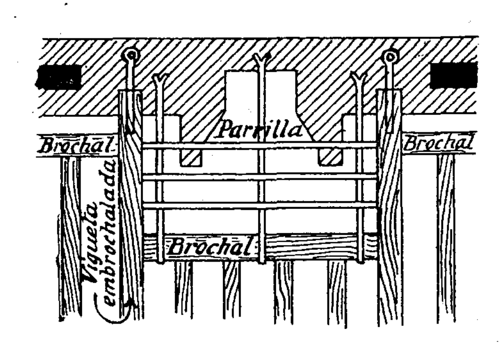
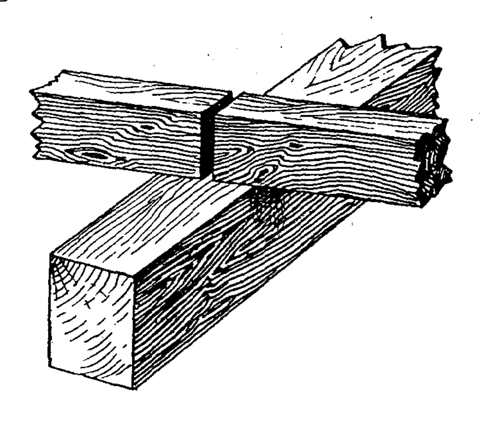


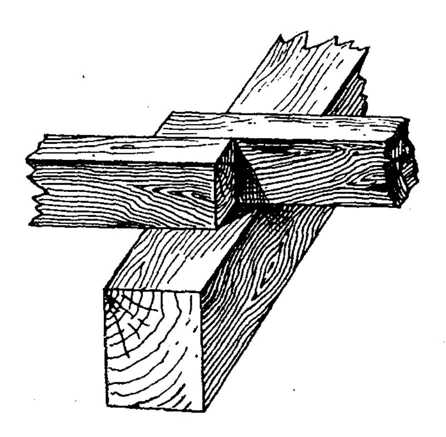
Fig. 621. — Emparrillado.

Si la separación de los muros de apoyo es muy grande, más de 6 m por ejemplo, se disminuye la luz de las viguetas apoyándolas en su punto medio sobre una viga maestra resistente de madera. Si no hay inconveniente en que esta viga sobresalga por debajo, las viguetas irán encima de ella, ya *al tope* (fig. 622), ya adosadas para darles más apoyo (fig. 623). Pero como no siempre se puede dejar aparente la viga, pues, aunque esté muy bien decorado, un sofito es siempre una solución de continuidad que en ciertos techos (por ejemplo en un salón) no puede consentirse, se procura a veces disimular la viga en el espesor del suelo y esto se hace, natu-

ralmente, ensamblando las viguetas en los costados de las vigas en vez de apoyarlas encima. En las figuras 624, 625 y 626 damos algunos ejemplos.

Hemos dicho que las viguetas deben tener en los muros una entrega de 20 cm, aproximadamente; las vigas maestras necesitan





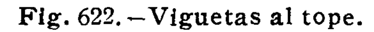


Fig. 622.—Viguetas al tope.

Fig. 623.—Viguetas adosadas.

25 cm por lo menos y, cuando es posible, conviene reforzar los apoyos con un canecillo o ménsula de sillería que atraviese el muro.

El intervalo de las viguetas que constituyen un suelo se llena

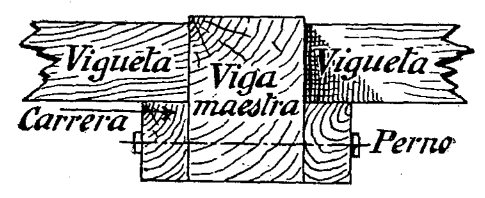


Fig. 624.
Viguetas apoyadas sobre carreras acopladas a la viga maestra.

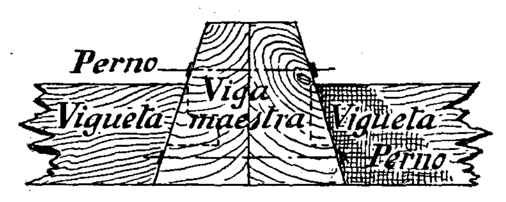


Fig. 625.
Viguetas ensambladas a la viga maestra.

de las distintas maneras que indicamos en la tabla «Peso propio de diversos suelos de madera», pero el más empleado es el que representamos en la figura 618. Para construir este suelo, se clavan en las viguetas listones *A* de 4 × 4 cm, aproximadamente, después se clava un enlatado sobre el cual se hace el techo formando un forjado constituído por una especie de bóvedas invertidas; luego se colocan sobre los listones tabletas de madera (por ejemplo de tablas viejas) de largo igual a la separación entre dos viguetas y se rellena con yeso o mortero hasta enrasar la cabeza de las viguetas y, por fin, se coloca el embaldosado o el entarimado.

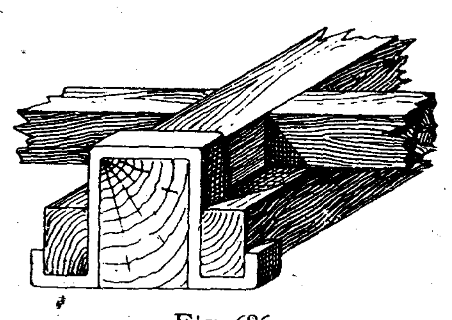


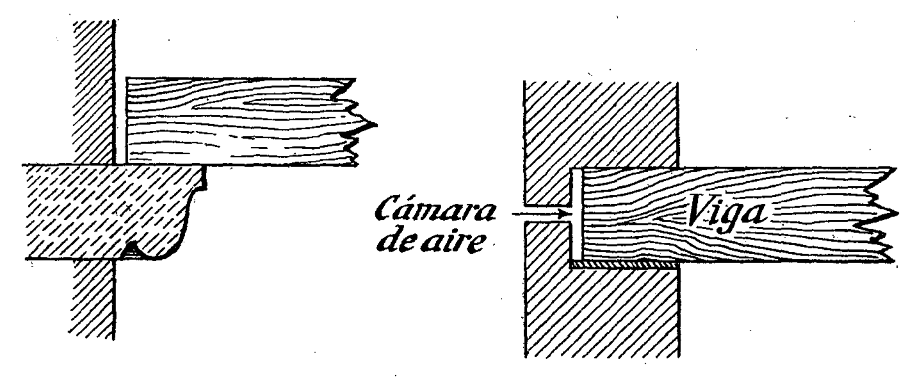
Fig. 626.
Viguetas apoyadas sobre carreras colgadas de la viga maestra.

Según Rondelet, las viguetas de un suelo sencillo deben tener una altura igual a $^1/_{24}$ de su luz y de ancho $^3/_4$ de la altura. Pero es preferible someter al cálculo cada caso o servirse de los datos contenidos en el capítulo *Resistencia de materiales*.

El suelo superior del último piso de una casa, que sólo tiene techo, toma el nombre de *falso suelo*. Generalmente se construye con tablones de 6 × 17 y a veces con tablas puestas de plano.

Modos de impedir la putrefacción de las vigas.—De G. Oslet son las siguientes líneas referentes a los medios empleados para evitar la pudrición de las maderas: «Cuando hay necesidad de empotrar las viguetas y las vigas en los muros, es preciso tomar todas las precauciones para evitar la pudrición. Se han empleado diferentes procedimientos: enlucir con arcilla el extremo de cada vigueta, dar una o dos manos de pintura de minio, al óleo, de alquitrán o de azufre, enlucir los dos extremos de la pieza de madera con una capa de yeso (no debe emplearse la cal, pues ataca la madera) o también rodear cada cabeza con una chapa de plomo o de cinc, o también con un encofrado de madera. Se podría, también, apretar en seco los extremos de las viguetas entre las piedras. Todos estos medios no ofrecen todavía una seguridad absoluta, sea porque no impidan lo bastante que la humedad de los muros alcance a las maderas, sea porque se opongan a la exudación de la humedad de que naturalmente están impregnadas. Es preciso, para llegar a un buen resultado, aislar todo lo posible las cabezas de las piezas de madera.

»Para las vigas, lo más sencillo, cuando es posible, es apoyarlas en canecillos de piedra o de metal empotrados en el muro, dejando entre éste y la viga un huelgo de 4 ó 5 cm, como se ve en la figura 627. También se puede, en este caso, aislar la madera de la piedra colocando debajo de la viga una capa de betún o de azufre, o interponiendo una hoja de cinc o de plomo. Si, por causa de la decoración interior, es imposible colocar canecillos y hay necesidad absoluta de introducir las vigas en los muros, se reservan entonces en



Figs. 627 y 628.—Modos de apoyar las viguetas.

el paramento interior de los mismos pequeños nichos que se hacen de dimensiones algo mayores que lo necesario para alojar el extremo de la viga, con lo cual se forma una pequeña cámara de aire, como se ve en la figura 628. Es necesario tener cuidado de poner en comunicación esta cámara con el aire exterior, por medio de un

pequeño conducto disimulado en la fachada y cerrado por una tela metálica o de cualquier otra manera que armonice con la decoración exterior, una baldosa de loza calada, por ejemplo.» La madera,

Peso propio de diversos suelos de madera

(según T. Seyrig)

A este peso hay que añadir, en cada caso, la sobrecarga

CONSTRUCCIÓN DEL SUELO	PESO EN KILOGRAMOS POR METRO CUADRADO				
	Viguetas de 8 × 22 cm	Viguetas de 20 × 25 cm	Viguetas de 25 × 30 cm	Viguetas de 20 × 25 cm	Viguetas de 25 × 30 cm
	a 0,50 m	a 0,90 m	a 0,90 m	a 1,20 m	a 1,20 m
Entarimado sobre viguetas.	Pino	Pino	Pino	Pino	Pino
	39	45	56	41	48
	Encina	Encina	Encina	Encina	Encina
Fig. 629	56	60	80	55	65
Entarimado sobre viguetas aparentes con enlistonado y molduras.	Pino	Pino	Pino	Pino	Pino
	47	92	115	85	105
	Encina	Encina	Encina	Encina	Encina
Fig. 630	80	122	142	112	132
Entarimado sobre viguetas aparentes con enlistonado y enlucido general de yeso. Fig. 631	—	280	330	305	375
Entablonado y capa de yesones o de arcilla batida sobre enlistonado y viguetas de madera. Fig. 632	—	200	230	200	210

como se ha dicho, se pudre pronto, las carcomas la atacan, y hemos comprobado a menudo en los suelos de madera que las vigas empotradas estaban carcomidas por completo; todo ello disminuye la resistencia de los suelos pudiendo llegar hasta la rotura y causar graves accidentes.

Vamos a explicar un medio de consolidación que hemos practicado y que creemos útil.

Se descubre la viga defectuosa en su parte empotrada, se apuntala a unos 80 cm del muro y se corta limpiamente el techo en el sitio de la vigueta en unos 30 cm, deteriorándolo lo menos posible.

Estas viguetas tienen ordinariamente de 6,5 a 7,5 cm de ancho; se coge un hierro en ⊔ — de 50 cm de longitud y 8 ó 10 cm de altura, según el ancho de la vigueta—perforado con uno o dos agujeros y se introduce por debajo, de modo que la vigueta que se quiere consolidar llene el canal formado por el hierro en ⊔, después se fija la parte sana de la madera al hierro, por un tirafondo, y se empotra en el muro la porción de este hierro destinada a reemplazar la madera podrida en el sentido de la luz.

El hierro en ⊔ y el tirafondo quedan embebidos en el espesor del enlucido del techo. Se tiene cuidado de pintarlos, para evitar su oxidación, que no dejaría de producirse.

Sobrecarga de los suelos

DESTINO DEL LOCAL	SOBRECARGA en kilogramos por metro cuadrado
Habitaciones	150
Salas de baile y de reunión.	400
Heniles.	400
Graneros	460
Almacenes de mercancías	760
Almacenes de sal	600
Almacenes de papel	1000

Por término medio debe siempre contarse de 25 a 32 cm como espesor de los suelos de madera, aunque a veces puede ser menor para luces pequeñas.

Escuadría de los maderos para suelos (según Bullet)

Vigas de 3,90 m: 27 cm de ancho por 32 cm de altura
» de 4,87 » 30 » » » por 36 » » »
» de 5,85 » 33 » » » por 40 » » »
» de 6,82 » 35 » » » por 44 » » »
» de 7,80 » 37 » » » por 48 » » »

Viguetas escuadradas con sierra, de 2,92 m a 4,87 m (con separación según la carga): 14 cm de ancho por 19 cm de altura.
Viguetas escuadradas con sierra, de 5,85 m (con separación según la carga): 25 cm de ancho por 25 cm de altura.
Viguetas escuadradas con sierra, de 7,80 m a 8,12 m (separación según la carga): 24 cm de ancho por 27 cm de altura.
Viguetas escuadradas de 8,77 m (separación según la carga): 27 cm de ancho por 30 cm de altura.
Viguetas desbastadas de raja, de 2,92 a 4,87 m (separación según la carga): 14 cm de ancho por 19 cm de altura.

Herrajes de los suelos.—Los herrajes de un suelo de madera se componen: de la rejilla o parte metálica del piso que se coloca en el

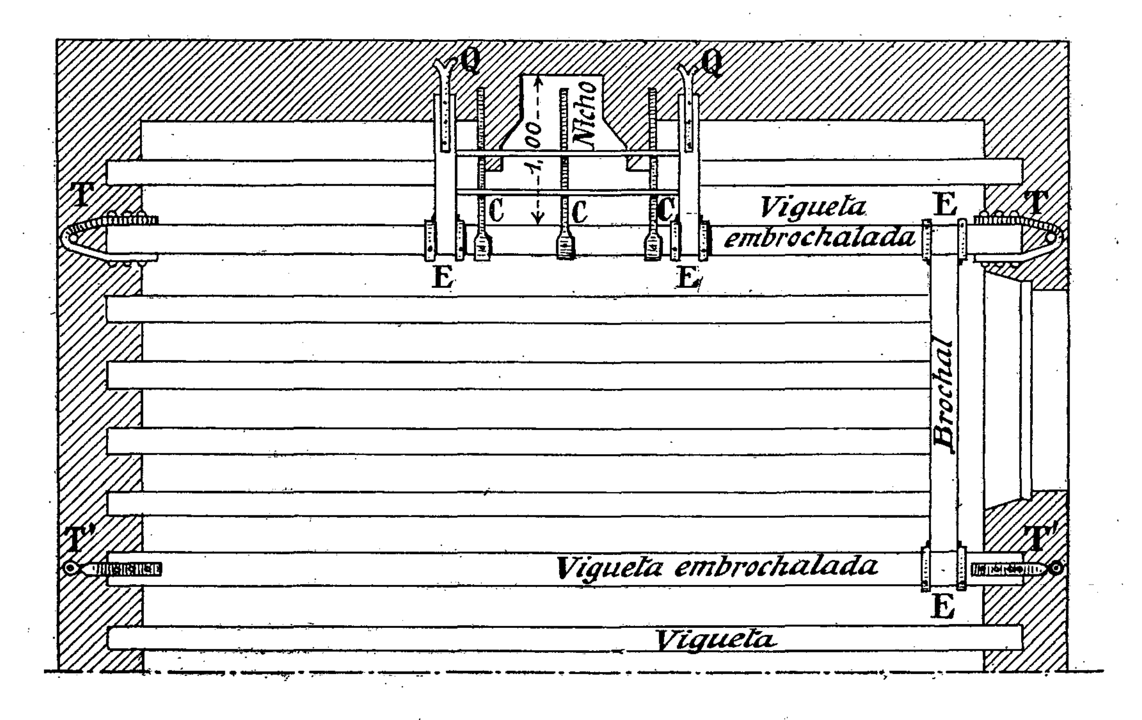
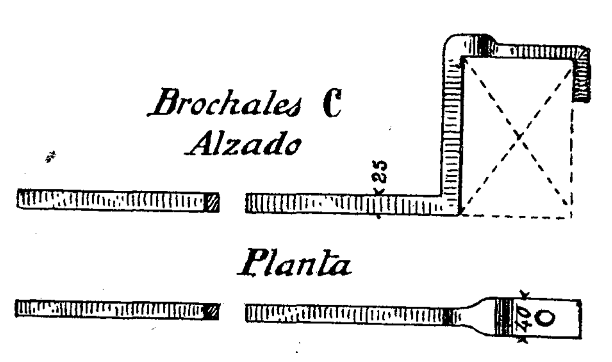


Fig. 633.—Herrajes de un suelo.

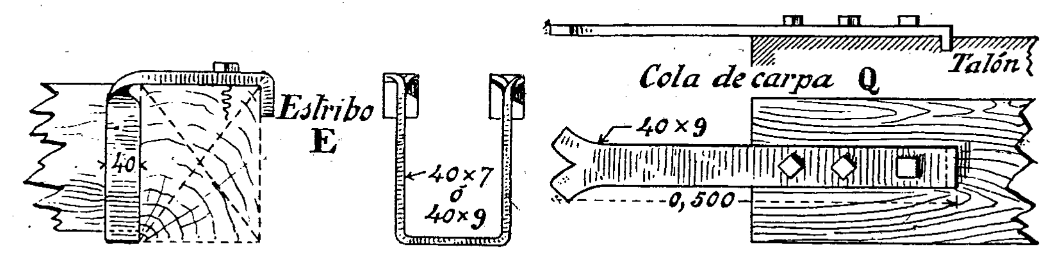
sitio correspondiente al hogar de la chimenea (fig. 633) que comprende los *brochales C* cuyo detalle damos en las figuras 634 y 635 y que sostienen dos cuadradillos fijados con clavos o tornillos a los brochales; estos cuadradillos son hierros de 14 mm de lado; se requieren además *estribos E* (figs. 636 y 637) que sostienen los brochales de madera en las piezas donde se apoyan, *colas de carpa Q* (figuras 638 y 639) que sirven para amarrar piezas de importancia secundaria y mantenerlas empotradas en los muros.



Figs. 634 y 635. — Brochal.

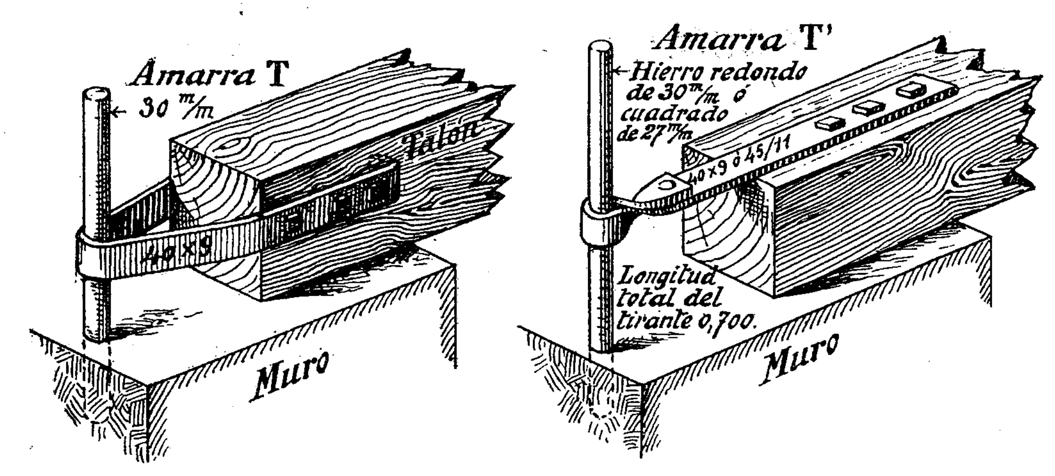
Estos son casi todos los herrajes que necesita un suelo de madera; sólo nos falta hablar del *encadenado*. La madera, si no fuera

putrescible, sería el agente más propio para la confección de un buen encadenado, porque varía muy poco de longitud bajo la influen-



Figs. 636 y 637.—Estribo. Figs. 638 y 639.—Cola de carpa.

cia de temperaturas extremas. Pero, si se le supone bastante duración para constituir un suelo, se puede tomar también como elemento



Figs. 640 y 641.—Disposiciones de amarre para vigas ó viguetas de madera.

de encadenado lo mismo que se hace con las viguetas de hierro. Es suficiente para ello colocar, en los extremos de las piezas de madera, tirantes con amarras, cuyas formas damos en las figuras 640 a 642.

ENTRAMADOS DE MADERA

Descripción y detalles constructivos.—Se da el nombre de *entramado de madera* a una armazón ensamblada, susceptible de reemplazar un muro de fábrica en una construcción. El entramado de madera, menos costoso y más ligero, es muchas veces preferible a un muro de fábrica en el sentido de que ocupa mucho menos espacio y puede considerarse como una sola pieza que no se presta tan fácilmente a la dislocación, por lo menos a igualdad de espesor.

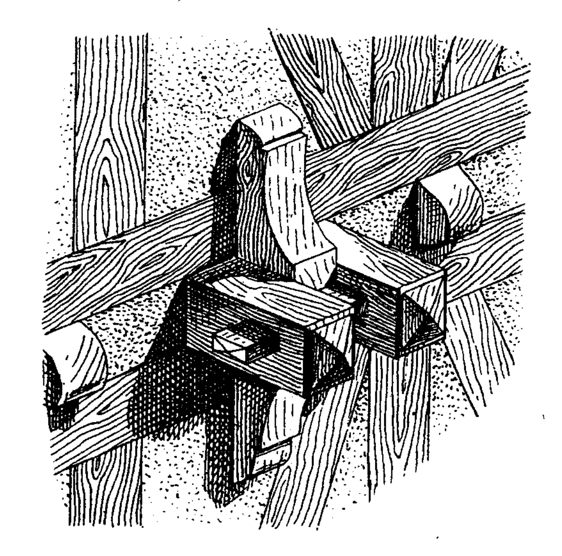
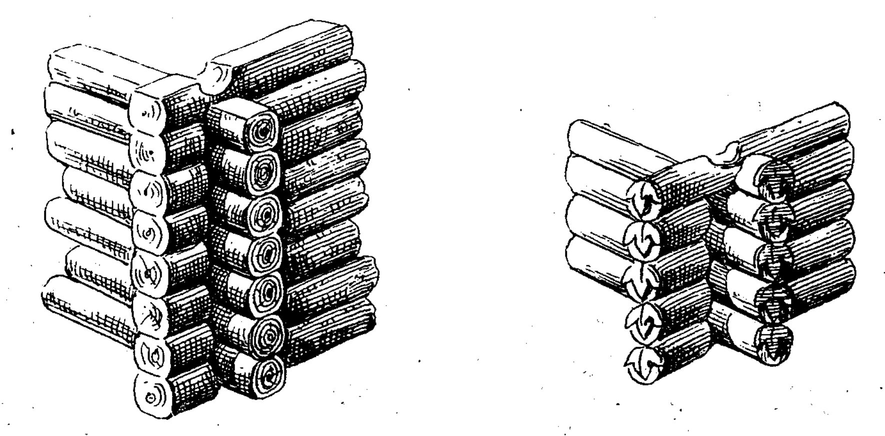


Fig. 642. — Disposición del encadenado en los entramados de madera.

En cambio, el entramado de madera tiene el inconveniente de ser un peligro en caso de incendio; no se pueden adosar a ellos tubos de humo y mucho menos alojarlos en su espesor. Además, el entramado de madera ofrece una protección insuficiente contra las variaciones exteriores de temperatura.

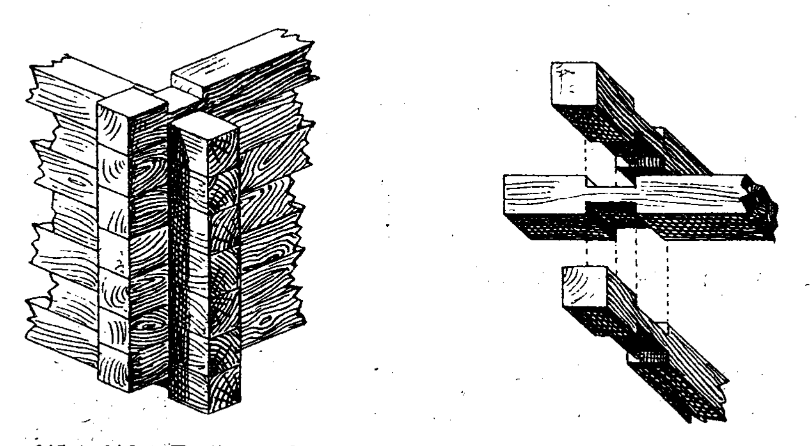
La construcción y colocación de los entramados de madera es objeto de reglamentación en las ciudades.

En los países cubiertos de bosques, como Suiza, Tirol, Rusia,



Figs. 643 y 644.—Entramados de rollizos entallados a media madera.

Suecia y Noruega, se hacen entramados de madera con rollizos. La manera de construirlos es casi siempre muy sencilla, pues basta superponer troncos de árboles, cortados del mismo tamaño y entallados en sus extremos para entrecruzarlos a media madera (figs. 643 y 644). Se preparan un poco las caras de contacto y se unen las



Figs. 645 y 646.—Entramados de maderos escuadrados y entallados.

piezas de madera, entre sí, por cabillas también de madera. Esta clase de construcciones se trata algunas veces de una manera muy artística, como lo testimonian las numerosas construcciones suecas y rusas que se pudieron admirar en la Exposición Universal de 1889, de las que damos un detalle en la figura 644. También se hacen entramados de madera con piezas escuadradas y entalladas que forman un grueso tabique cuyas juntas pueden calafatearse fácilmente, si fuese necesario (figs. 645 y 646).

Los *entramados propiamente dichos* pueden construirse con piezas escuadradas o con rollizos, pero en ambos casos la construcción es la misma.

Un entramado de madera se compone de piezas verticales liga-

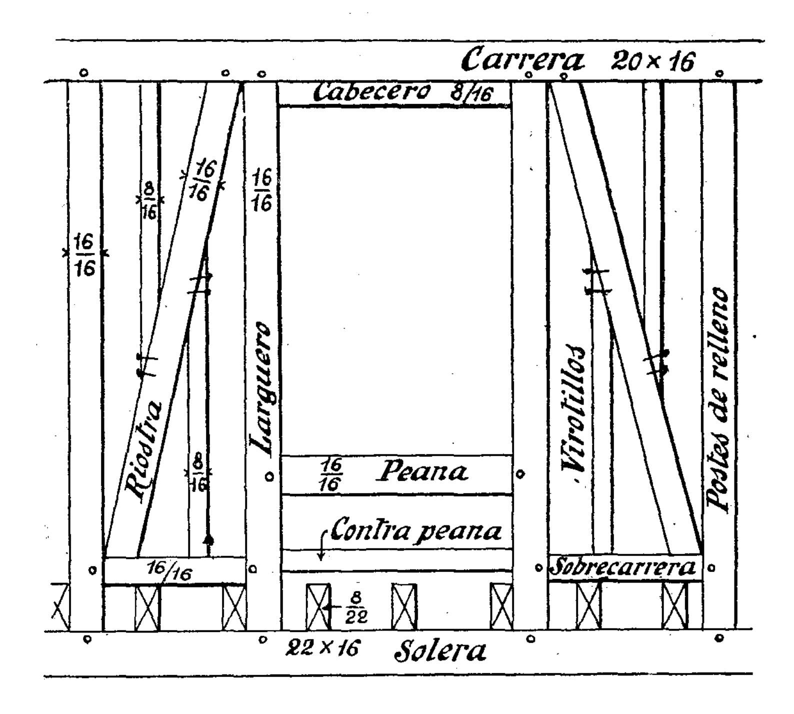
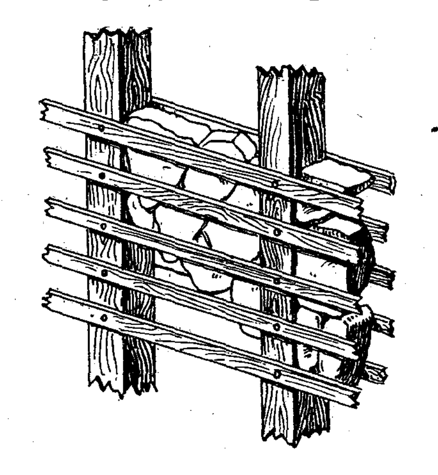
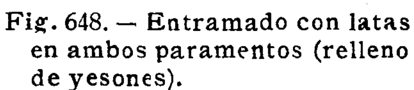


Fig. 647.—Entramado de madera; detalle de un vano.

das por otras horizontales, estando además triangulado el conjunto —para impedir la deformación—por medio de piezas oblicuas o *riostras* (fig. 647). Los huecos que estas maderas dejan entre sí se rellenan con fábrica de ripio, con pedazos de ladrillo o con yesones, trabándolo todo con yeso. Es preciso enlatar los paramentos (fig. 648)




Fig. 648. — Entramado con latas en ambos paramentos (relleno de yesones).

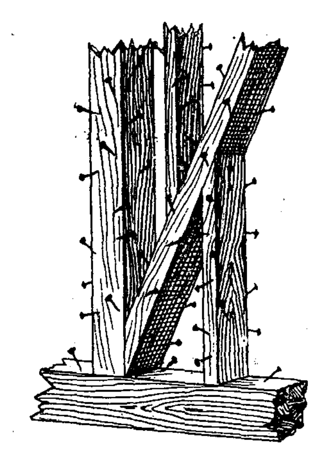


Fig. 649.—Entramado con clavos para aumentar la adherencia del relleno.

para que agarren los revocos, o bien clavetear todas las piezas de madera con clavos de barquilla (fig. 649); a veces se reúnen los dos sistemas, como se ve en la figura 650.

Cuando un entramado de madera debe construirse en la planta

baja, es preciso disponerlo sobre un murete que lo aísle del suelo 50 cm por lo menos.

Sobre el basamento descansa la *solera,* en la que se ensamblan los postes o pies derechos a caja y espiga, que a su vez van a ensamblarse, en la parte superior, con la *carrera* (fig. 647). Se consolida el ensamblaje por medio de piezas oblicuas, *riostras,* en las que se ensamblan los *virotillos.*

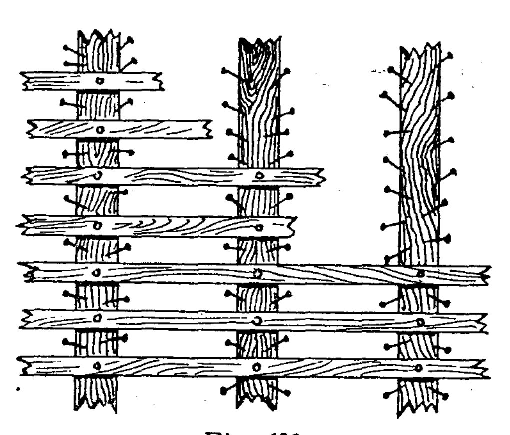


Fig. 650.
Entramado de madera con enlatado y clavos.

En los diferentes ángulos se colocan postes más resistentes, que se llaman *cornijales,* que llegan a veces a tener varios pisos de altura y siempre miden por lo menos 25 cm de lado. Los *pies derechos de puerta* o *de lección A* (fig. 651) forman las jambas de las puertas y ventanas y tienen de 19 a 22 cm de grueso. Los *postes de relleno* o intermedios *B* miden de 15 a 20 cm de lado; los hay muy cortos como son los *C,* que se ponen entre una peana *E* de un vano y la carrera y se llaman *pilarejos.* La parte inferior de las ventanas en el piso bajo está formada ordinariamente por la solera y en los demás pisos por piezas especiales *E,* llamadas *peanas,* que están sostenidas por los pilarejos de relleno.

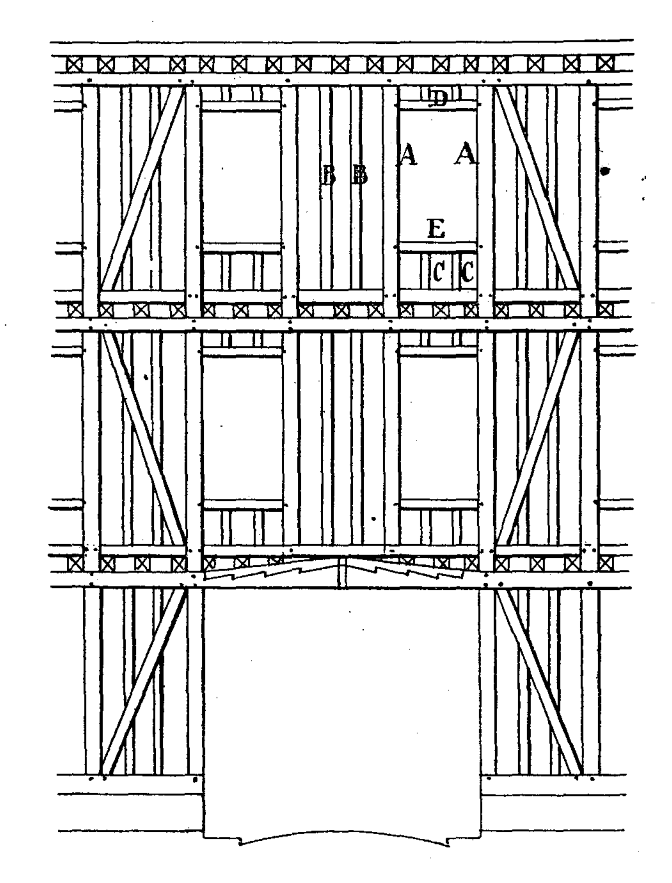


Fig. 651.—Entramado de madera de varios pisos.

Los entramados de madera interiores o *tabiques* no difieren de los exteriores más que en el grueso, que es menor; los pies derechos de puerta tienen 15 ó 16 cm y los de relleno 10 ó 12 cm.

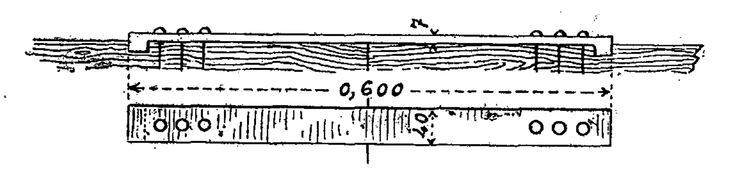
Cuando el entramado de madera ha de sostener un suelo, las viguetas se colocan entre la carrera y la *sobrecarrera,* pieza que viene a ser la solera del entramado correspondiente al piso superior. Los tabiques de distribución se apoyan en carreras que están cubiertas con el pavimento y colocadas perpendicularmente a las viguetas, cuando es posible.

Escuadría de los maderos para entramados.—La siguiente tabla, debida a Oslet, da la escuadría de las diferentes piezas que constituyen los entramados de madera:

DIMENSIONES DE LAS PIEZAS DE LOS ENTRAMADOS DE MADERA
(según G. OSLET)

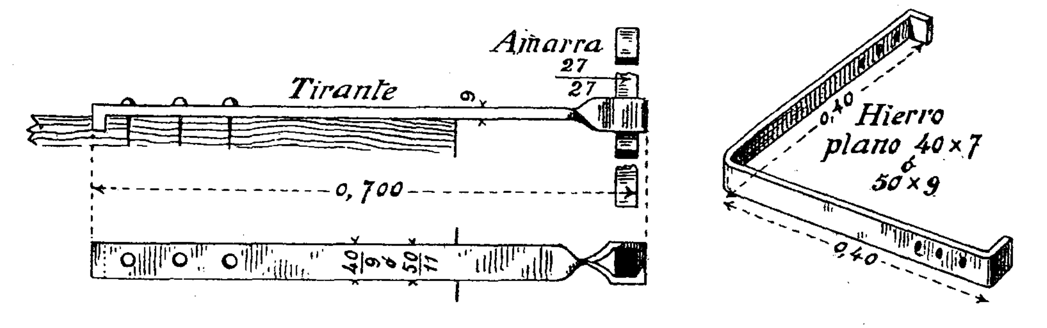
NOMBRE DE LAS PIEZAS	Grueso del madero cm
Entramados de fachada, de 4 m de altura y espesor variable entre 21,7 y 24,4 cm:	
cornijales	24,4 a 27,1
pies derechos de puertas	21,7 a 24,4
soleras y carreras	21,7 a 24,4
jambas para ventanas	18,9 a 21,7
postes de relleno (con separación de 27,1 a 32,5 cm entre sí)	16,2 a 21,7
jabalcones, riostras y cruces de San Andrés	16,2 a 21,7
virotillos y pilarejos	13,5 a 21,7
Entramados interiores o tabiques:	
de 4 m de altura	16,2 (espesor)
de altura superior a 4 m.	18,9 (espesor)
pies derechos cargados por el suelo	13,5 a 16,2
pies derechos no cargados	10,8 a 13,5
Maderos de los tabiques de división o colgados.	8,1 a 13,5

Herrajes de los entramados.—Los herrajes que se emplean en la construcción de un entramado son muy sencillos. Consisten en *bridas*



Figs. 652 y 653.—Brida con talones.

de hierro con talones, que se fijan a la madera con clavos; los talones al clavarse impiden que las piezas se separen (figs. 652 y 653); cuando



Figs. 654 y 655.—Amarra. Fig. 656.—Barra plana acodillada.

el entramado va a enlazarse con un muro, se emplean los *tirantes con amarras*, constituyendo un encadenado con la carrera. Véanse las figuras 654 y 655, así como también las figuras 640, 641 y 642.

Por último, cuando el entramado forma ángulo recto, se coloca en el ángulo una *escuadra* o barra plana acodillada (fig. 656).

Relleno de los entramados de madera. — La construcción del entramado de madera depende en parte de los materiales que deberán emplearse para rellenar los intervalos entre los maderos, pues si se llenan con materiales que presenten cierta cohesión, por ejemplo, se podrán disminuir o suprimir los virotillos.

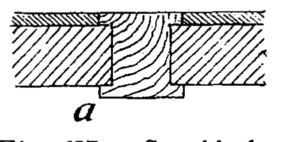
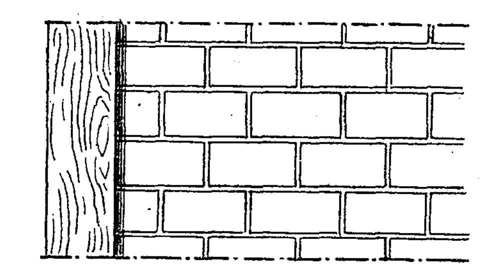
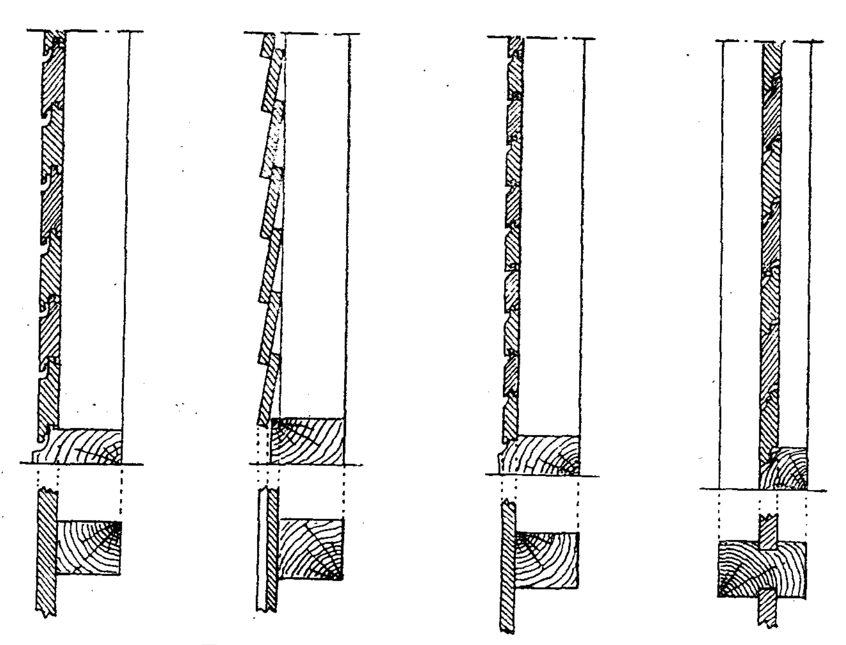


Fig. 657. — Sección horizontal de un poste aparente.

RELLENO DE YESONES Y YESO.—Es el relleno más corriente y también el menos costoso, pudiendo hacerse de dos maneras: con yesones, clavos de barquilla y enlucido por las dos caras (fig. 649), o bien yesones, enlatado por ambas caras y enlucido (fig. 648). En ciertas construcciones, las piezas principales del entramado deben quedar aparentes, y entonces hay que nervarlas, es decir, darles la sección indicada en la figura 657; después se dispone todo para que el espesor del relleno, comprendido el enlucido, llegue hasta *a*, de modo que si hay una contracción en el sentido del espesor del poste, la despegadura queda invisible, pues la oculta la pestaña.


Fig. 658. — Relleno de ladrillos en un entramado.

El relleno de yesones y yeso conviene, sobre todo, a las paredes que dan a los patios y para tabiques interiores.


Figs. 659 a 662.—Paredes de tablas.

RELLENO DE LADRILLO.—Cuando se rellenan los intervalos entre los postes con ladrillo, se da a la fábrica un espesor de medio ladrillo

(es decir, de 11 a 15 cm, según los casos), o el de un ladrillo a panderete (de 5 a 6 cm). El aparejo está compuesto sólo de ladrillos colocados a soga, es decir, que sólo se ve la longitud de los ladrillos, menos en los extremos, donde la necesidad de alternar las juntas para ligar bien los ladrillos entre sí, obliga a cortar por la mitad los últimos ladrillos de cada dos hiladas (fig. 658).

También se hacen construcciones que sólo tienen un ligero parecido con lo que llamamos entramado y que se utilizan para refugios provisionales, almacenes o talleres, es decir, cuando basta un recinto cerrado. Se forman con revestimientos de tablas, clavadas a los montantes (figs. 659 a 662).

ESCALERAS DE MADERA

Peldaños. — Aunque muy raras veces, se hacen también macizos, es decir, que la huella, la contrahuella y el techo están formados por un solo madero. En este caso la escalera no tiene zanca y su aparejo es el mismo que el de las escaleras de piedra (figuras 663 a 665). Sólo que, además, en este caso se pueden ensamblar los peldaños entre sí por medio de bridas o de pernos.

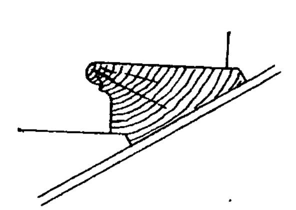
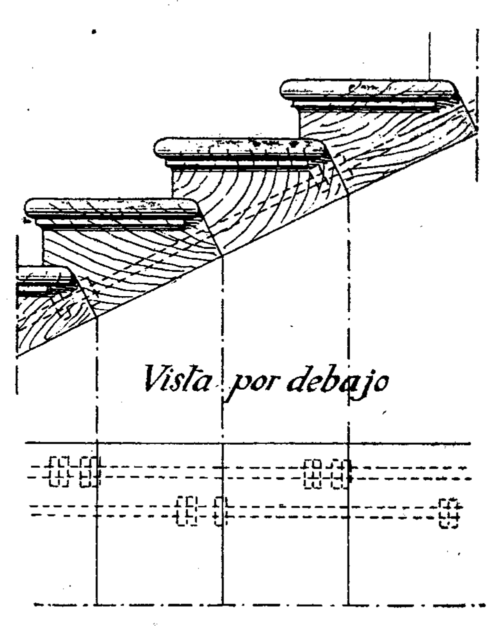


Fig. 663.
Sección de un peldaño macizo de madera.



Figs. 664 y 665.
Aparejo de una escalera con peldaños macizos de madera.

El peldaño ordinario, de escalera con dos zancas, tiene la sección que indicamos en la figura 666. Se compone de dos partes: la *huella* o parte horizontal—que se hace ordinariamente con una tabla de unos 5 cm de espesor por 32 cm de ancho—y la *contrahuella* o parte vertical que es una tabla de 2 a 3 cm de espesor ensamblada a la huella por una lengüeta sencilla, como indica la figura 667, de

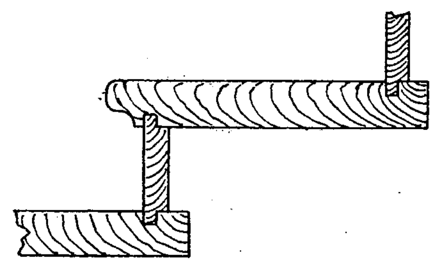
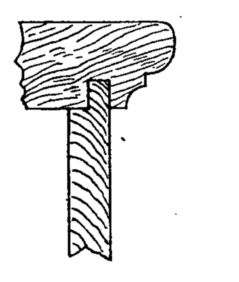
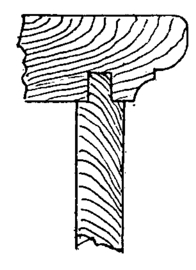


Fig. 666.
Peldaño ordinario de una escalera con zancas.

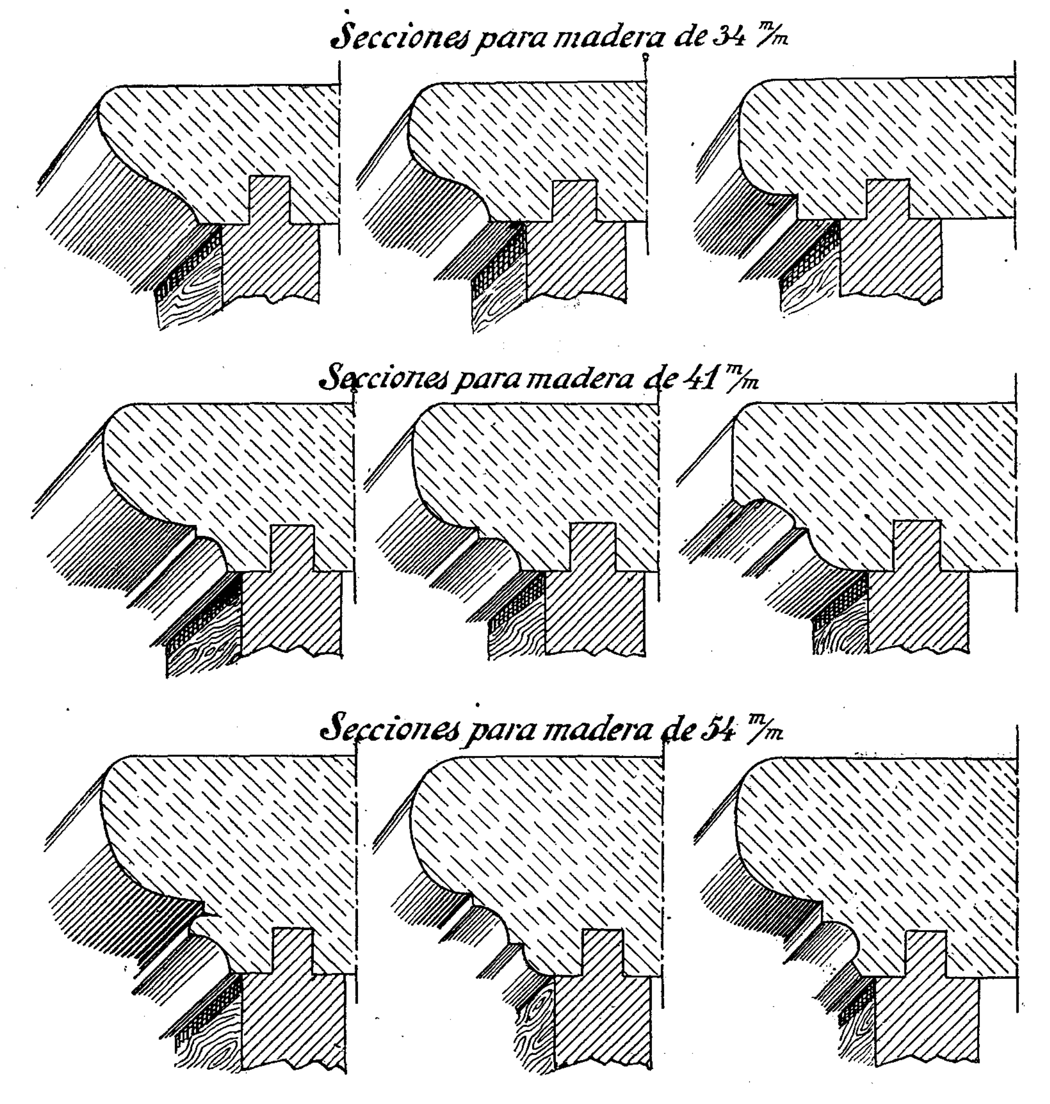




Figs. 667 y 668.
Ensambladuras de huella y contrahuella.

modo que la madera de la contrahuella pueda contraerse o alabearse por desecación sin que se note la junta, lo que no pasaría si la lengüeta tuviese la forma de la figura 668. La parte inferior de la contrahuella también está ensamblada a ranura y lengüeta, como indica la figura 666. El techo puede ser de madera si la escalera es recta, y de yeso si tiene tramos en vuelta.

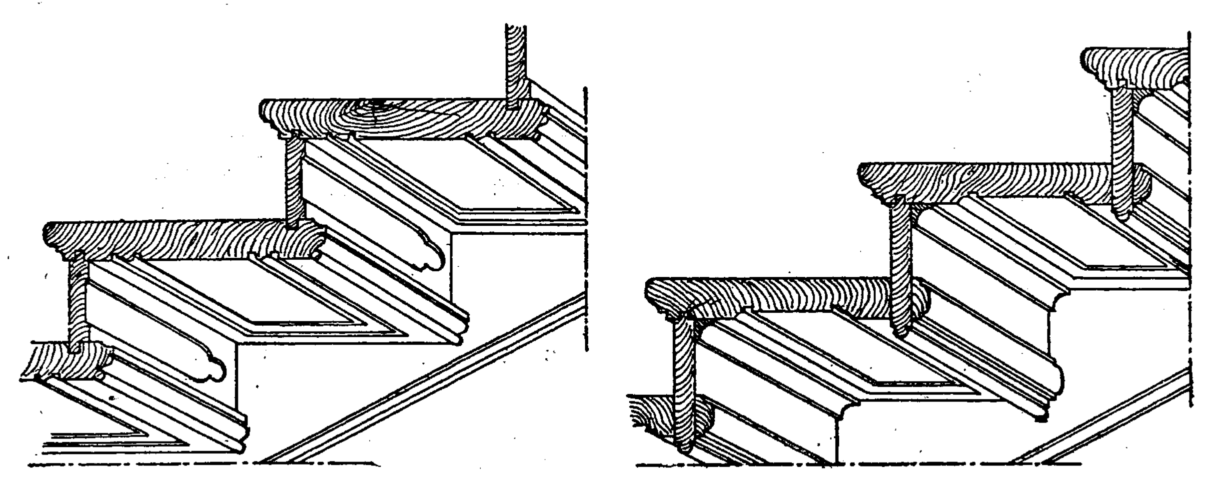
Perfiles de la huella.—La huella sobresale siempre, sobre la contrahuella, unos 3 ó 4 cm; dicho saliente se moldura con arreglo al espesor de la huella (pues el grueso de 5 cm, indicado antes, es un



Figs. 669 a 677.—Perfiles de huellas para tablas de 1 $^{1}/_{4}$, de 1 $^{1}/_{2}$ y de 2 pulgadas.

promedio que se adopta corrientemente, pero que puede aumentar o disminuir, ya que la huella puede tener desde 3 hasta 7,5 cm de espesor). Se comprende, por lo tanto, que los perfiles no pueden ser los mismos para espesores tan distintos: las figuras 669 a 677 representan una serie de perfiles que pueden aplicarse a los espesores de 34, de 41 ó de 54 mm, correspondientes respectivamente a tablas de 1 $^{1}/_{4}$, de 1 $^{1}/_{2}$ ó de 2 pulgadas francesas.

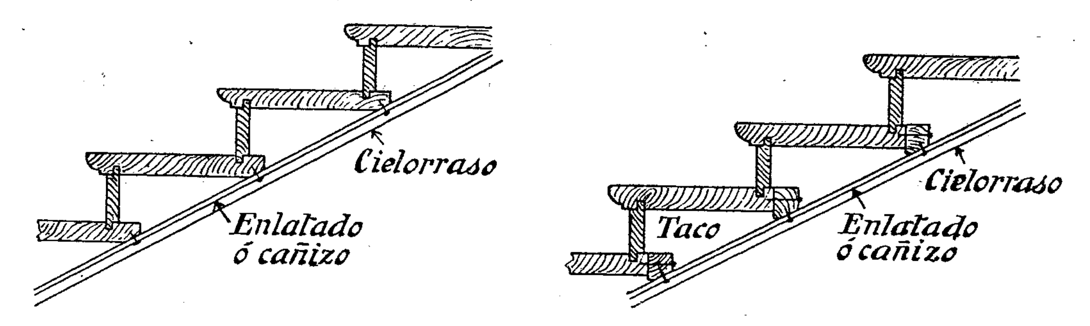
Peldaños aparentes por debajo.—Cuando la escalera ha de quedar aparente por debajo, se afinan cuidadosamente los paramentos interiores de la huella y contrahuella, pudiéndose obtener una decora-



Figs. 678 y 679.—Escaleras con peldaños aparentes por debajo.

ción muy rica por medio de molduras, tableros, etc., según muestran los ejemplos de las figuras 678 y 679.

Cielorraso de las escaleras.—Cuando la huella sobresale un poco de la contrahuella por la parte posterior, se puede formar el techo clavando en la misma huella el enlatado sobre el que ha de extenderse el cielorraso de yeso (fig. 680). Pero a veces la huella viene muy justa, y en otras ocasiones tiene irregularidades en la parte posterior: entonces es necesario recurrir a tacos chaflanados sobre los cuales se clava el enlatado (fig. 681). También se pueden dispo-



Figs. 680 y 681.—Cielorrasos de escaleras.

ner unos travesaños horizontales sobre los que se clava el enlatado que sostiene el cielorraso de yeso.

Zancas de madera.—Se llaman así las piezas inclinadas que sostienen por la parte del hueco u ojo de la escalera los peldaños; las zancas de los tramos con vuelta son helicoidales (fig. 682). La zanca de escalera ordinaria tiene 8 cm de espesor, por término medio; su altura varía con la pendiente de la escalera, con la altura de los peldaños que la forman y, sobre todo, con la carga accidental que

puede estar llamada a soportar. Se llama *falsa zanca* la colocada contra el muro para recibir y sostener los peldaños, cuando éstos no se empotran en aquél.

En las escaleras sencillas, las zancas son de tablones o maderos

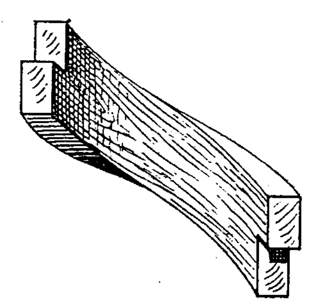


Fig. 682. — Cubillo o zanca helicoidal.

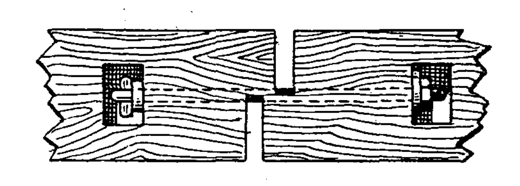


Fig. 683. — Ensambladura de zancas de madera.

y llevan tacos o entalladuras para recibir los peldaños, que es el caso de la escalera de molinero.

El arranque se hace muy raras veces de madera (fig. 684), pues como casi siempre el primer escalón es de piedra, resulta más sencillo construir de fábrica el arranque, por lo menos para el piso bajo, y en general siempre que se tema la humedad.

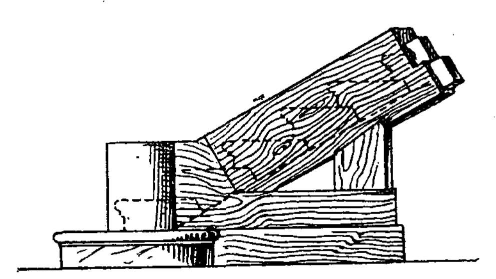


Fig. 684. — Arranque de madera.

Se comprende que las zancas sean de una sola pieza cuando son rectas, pero hay necesidad de hacerlas de varios trozos cuando se componen de partes rectas y curvas, pues incluso para labrar los cubillos o zancas helicoidales (que si son de radio muy grande exigen mucha escuadría) resulta ya difícil encontrar maderos. Las diferentes piezas que componen la zanca se ensamblan entre sí, por medio

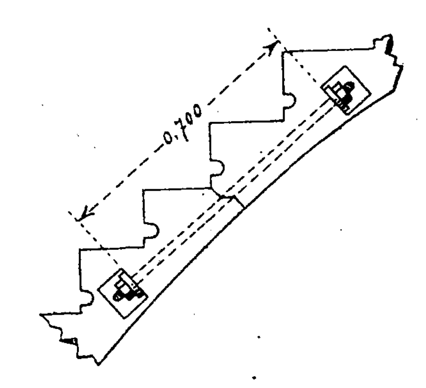


Fig. 685.
Ensambladura de zancas de madera, con pernos.

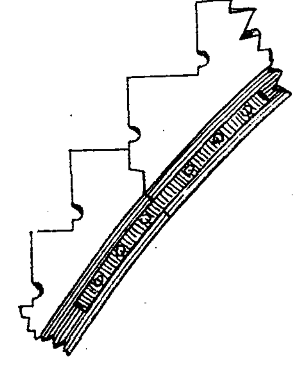
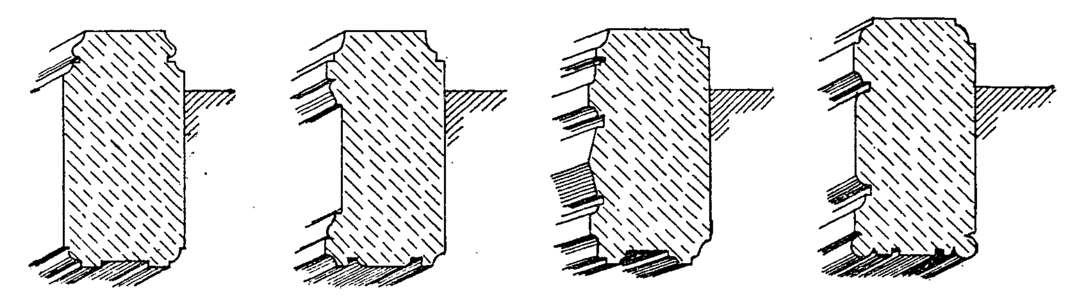


Fig. 686.
Ensambladura de zancas de madera mediante bridas.

de pasadores con tuerca en un extremo y chaveta en el otro (figura 683) o con tuerca en los dos (fig. 685), o también utilizando bridas (figura 686). Las piezas que se unen están provistas, además, de cortes como indican las figuras 682 a 686.

Perfiles de las zancas.—En las escaleras ordinarias con zancas recortadas, la sección de éstas afecta sencillamente la forma de un rectángulo; si se quiere obtener una decoración mayor, se puede perfilar la parte inferior absolutamente como si fuera recta la zanca.



Figs. 687 a 690.—Secciones de zancas de madera.

En las zancas rectas o *a la francesa,* los adornos están en la parte superior e inferior; a veces también está adornado el costado con rehundidos y tablas, como se ve en las figuras 687 a 690.

Núcleos o almas.—Hasta finales del siglo XIV, se había conservado en carpintería el procedimiento empleado para la piedra en las escaleras de caracol, es decir, que cada extremo de peldaño (fig. 691) contribuía a formar el núcleo. Pero después se comenzó a formar dicho núcleo de una sola pieza y los peldaños se iban a ensamblar a una serie de cajas o mortajas practicadas, unas encima de otras, siguiendo la pendiente. «Es—dice Viollet-le-Duc—lo que se hacía en dicha época con las escaleras de caracol de piedra... lo mismo que se esculpían los núcleos de piedra, labrando en ellos el pasamano y practicando las cajas o refuerzos para recibir el extremo más estrecho de los peldaños, se hacían los núcleos de madera.» En las figuras 692 y 693 damos la disposición de estos núcleos de madera: en *A* se ven las cajas de cada uno de los peldaños con espera inferior *B* para sostener los extremos; en *C* el pasamano sacado del macizo como la espera; la sección del pasamano (normalmente a su inclinación) se representa en *D* y el perfil de la cornisa con la espera está en *E*.

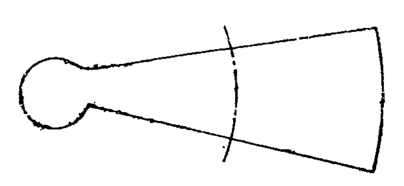
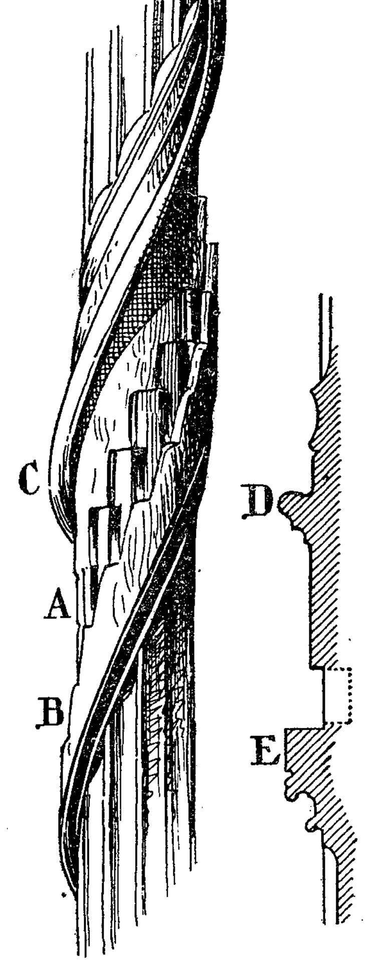


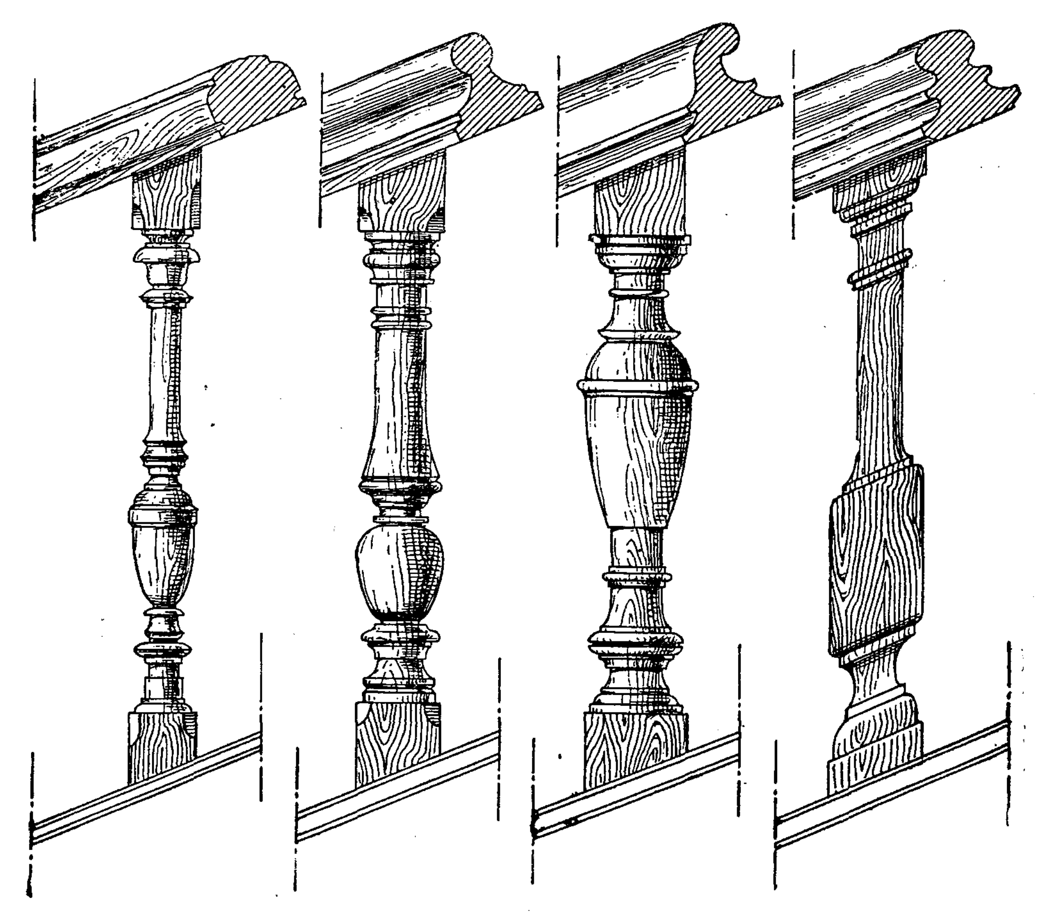
Fig. 691.
Escalón con núcleo.



Figs. 692 y 693.
Núcleo con pasamano.

Barandillas. — La barandilla de madera se compone generalmente de montantes lisos o adornados, que reciben el nombre de *balaustres* y que están coronados por un listón que se llama *pasamano* (figs. 694 a 697).

Como se ve, la barandilla de madera no sirve casi más que para las zancas *a la francesa,* que es donde los balaustres que forman la barandilla pueden fácilmente ensamblarse por medio de una espiga en el balaustre y una caja en la zanca. No obstante, se puede colocar esta clase de barandilla sobre una zanca de cremallera,



Figs. 694 a 697.—Tipos de balaustres y de pasamanos de madera.

colocando cada balaustre en la huella de los peldaños, como se ve en la figura 698.

En las zancas a la francesa no hay ninguna dificultad, salvo en los tramos en vuelta, a los cuales es necesario darles un radio suficiente (40 cm como mínimo) de modo que se puedan asentar los montantes sin necesidad de tener que dar arriba y abajo, un corte demasiado oblicuo, y por lo tanto defectuoso.

La altura de la barandilla, desde el plano de la huella hasta la parte superior del pasamano, debe ser por lo menos igual a 92 cm y se puede llegar sin inconveniente hasta un metro. Se tendrá, pues, la altura de los balaustres deduciendo, de la altura total adoptada, la cantidad que la zanca rebase verticalmente sobre la huella, más la altura vertical del pasamanos (fig. 699).

La forma de escalera más favorable para la barandilla de madera es la escalera de cornijales (fig. 700), en los que se ensamblan los pasamanos.

En el caso de tramos en vuelta, se puede ocupar toda la parte arqueada por un panel

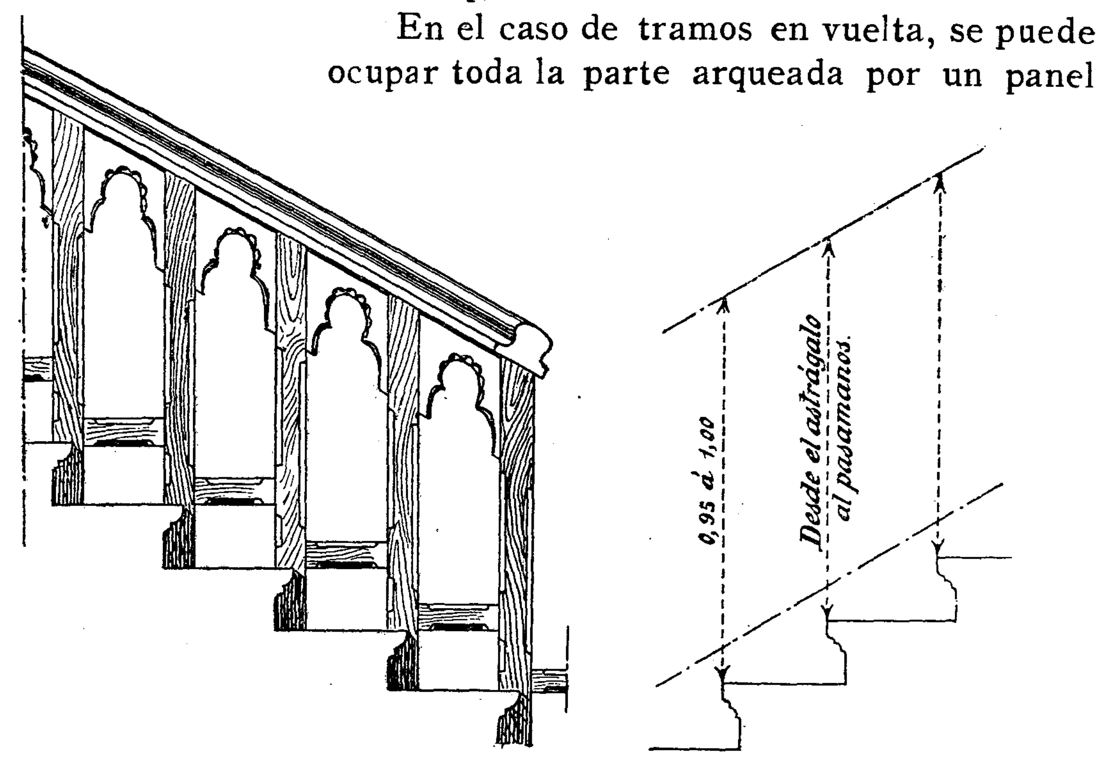


Fig. 698. — Barandilla con los balaustres sobre las huellas.

Fig. 699. — Altura de la barandilla.

curvo colocado entre dos montantes situados en los puntos de tangencia.

PILASTRAS.—La barandilla, en su arranque, se apoya siempre en

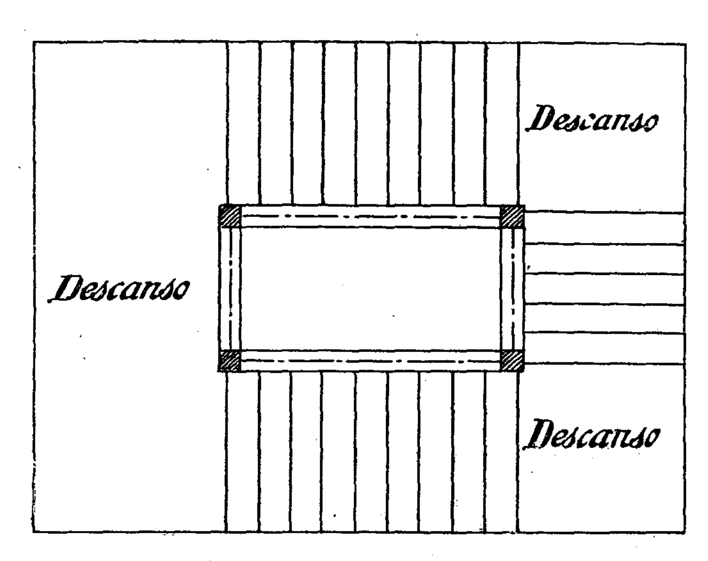
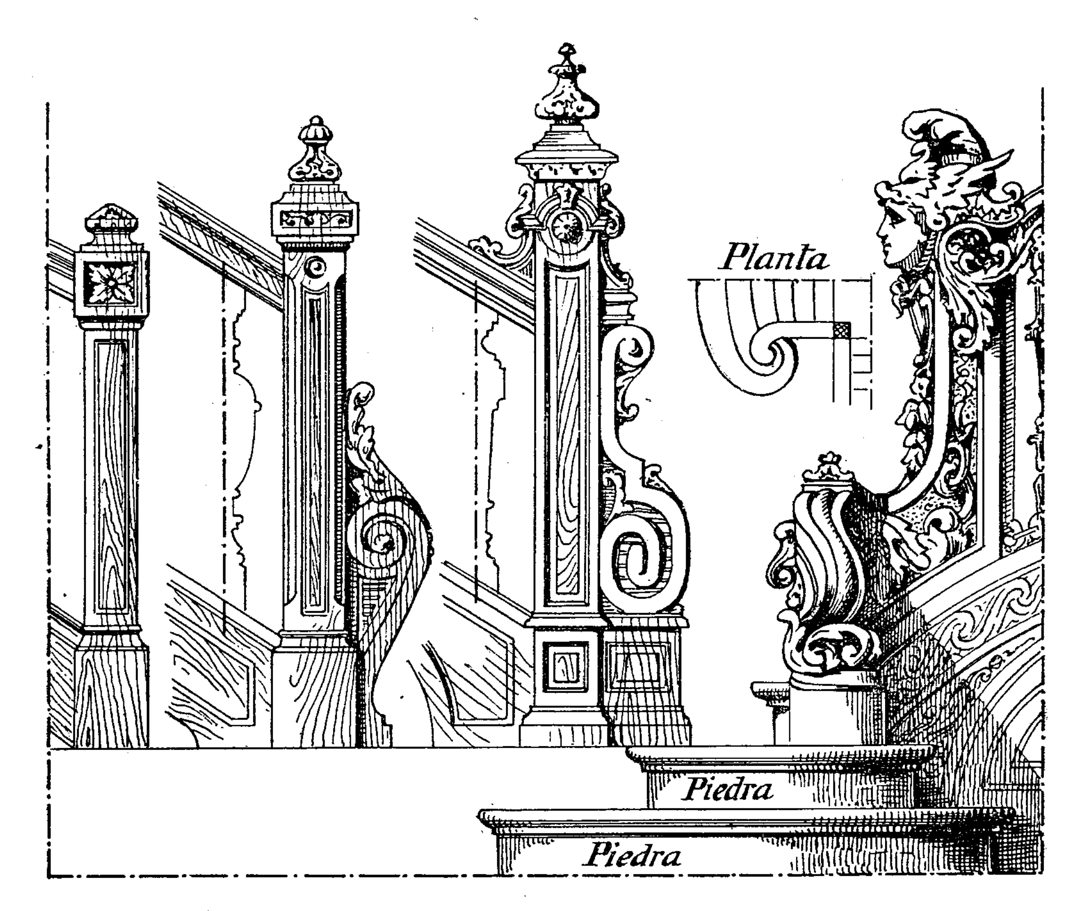


Fig. 700.—Escalera de cornijales.

un fuerte montante ensamblado a la zanca y fijado también al escalón de arranque. Este montante está más o menos decorado (figuras 701, 702 y 703), y a veces va acompañado de esculturas, como se ve en las figuras 704 y 705.

PASAMANOS.—Sólo daremos los perfiles que, por lo demás, tienen formas muy variadas.

El más sencillo es el rectangular con los ángulos redondeados



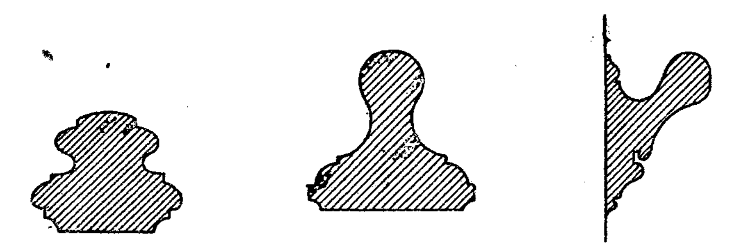
Figs. 701 a 705.—Pilastras de arranque para escaleras de madera.

(figura 706). Después, pasando de lo sencillo a lo complicado, hay perfiles del género de los que damos en las figuras 707 a 710.



Figs. 706 a 709.—Pasamanos de madera.

Un perfil muy cómodo es el que representamos en la figura 711; generalmente el pasamano, como debe cubrir los balaustres, es

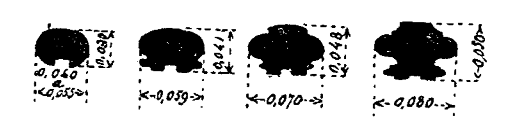


Figs. 710 a 712.—Pasamanos de madera.

muy grueso, y si bien permite apoyar la mano, no consiente asirse cerrando aquélla en caso de caída. Este inconveniente es el que se ha remediado haciendo el pasamano ancho de abajo y rebajado

por arriba para poder agarrarse con la mano. El perfil de la figura 712 es una variante que puede ser de gran utilidad, especialmente cuando la barandilla está colocada junto al muro, pues evita el peligro de que la mano quede aprisionada entre la barandilla y el muro.

En las escaleras de madera, la barandilla se hace a veces de hierro, sobre todo cuando la caja de la escalera es pequeña. La barandilla, que suele componerse de barrotes de hierro redondo, va coronada por un pasamano cuyos perfiles principales dan las figuras 713 a 716.



Figs. 713 a 716.
Pasamanos de hierro.

Herrajes de las escaleras.—Las diferentes piezas que forman la zanca, partes rectas y curvas, se ensamblan entre sí por medio de pasadores de 18 a 22 mm de diámetro, con dos tuercas que aprietan sobre arandelas, según indica la figura 717. Las tuercas se alojan en cajas que se cierran, después, con madera. La ensambladura se completa con una brida de hierro plano de 45 × 9 ó de 40 × 7 mm, según las dimensiones de la escalera (véanse las figuras 685 y 686). Cuando las partes rectas son largas, se arriostran las zancas entre sí por pernos transversales; si hay una sola zanca, el perno se empotra en el muro. El empleo de pernos para enlazar la zanca al muro, o las zancas entre sí, pocas veces es necesario en las escaleras de cremallera, en las que cada escalón es una especie de riostra; pero, en cambio, es indispensable en las escaleras a la francesa, cuyas zancas van entalladas para recibir los peldaños de modo que al deformarse aquéllas podrían salirse los peldaños de sus cajas.

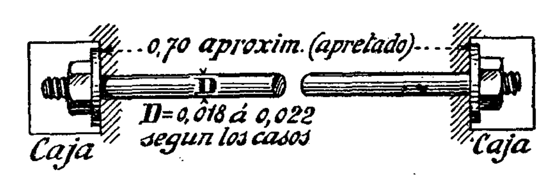


Fig. 717.
Perno para unir zancas de madera.

En la escalera de cremallera, si la barandilla es de hierro, los balaustres pueden ser: *de cuello de cisne,* es decir, sencillamente curvados en el extremo inferior (fig. 718), o bien *con espiga,* que se presta mejor a la decoración, según representamos en la figura 719. Algunas veces la punta *A* de la figura 718 se reemplaza por una porción fileteada de menor diámetro que el resto del barrote, fijándose a la zanca por medio de una tuerca;

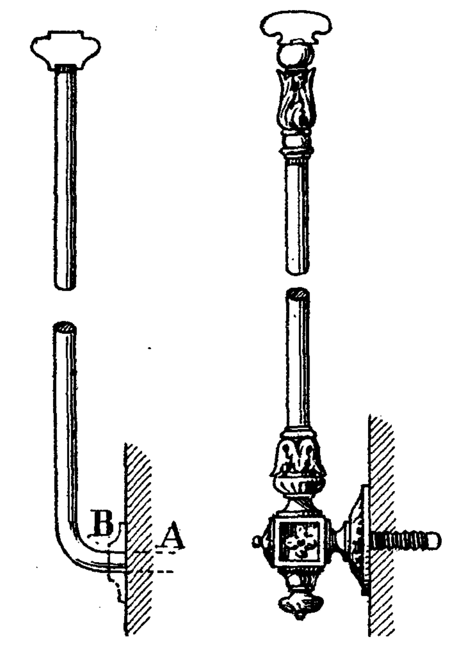


Fig. 718.
Balaustre de hierro, con cuello de cisne.

Fig. 719.
Balaustre de hierro con espiga.

en *B* hay una rodaja de fundición. Los barrotes tienen generalmente 18 mm de diámetro y por arriba están unidos mediante un fleje de 20 × 5 mm fijado a cada barrote y provisto de agujeros intermedios para atornillar encima el pasamano de madera.

ARMADURAS DE MADERA PARA CUBIERTAS

Estructura general de las cubiertas.—Un edificio está siempre cubierto por una techumbre cuya forma corresponde a las condiciones climatológicas del país donde se construye y a los materiales de que se disponga para asegurar la perfecta impermeabilidad del edificio de que se trata. Se da el nombre de *armadura* al conjunto de piezas que sostiene la cubierta. Es una combinación de piezas ensam-

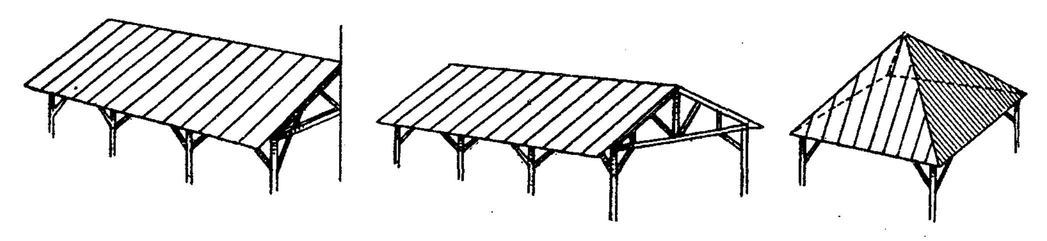


Fig. 720. — Cobertizo. Fig. 721. — Cubierta a dos aguas o vertientes. Fig. 722. — Cubierta de pabellón.

bladas de tal modo que transmitan verticalmente todas las presiones sin producir empujes que tiendan a volcar los muros en que se apoyan.

La cubierta de un edificio se compone, generalmente, de dos planos inclinados en sentido inverso, que se cortan formando una arista que toma el nombre de *caballete*. Para evitar las piezas de gran escuadría y, por consiguiente, las maderas costosas, se fracciona el entramado de la cubierta lo mismo que el de un suelo, es

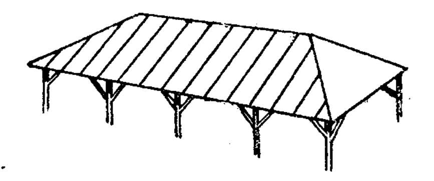


Fig. 723. — Cubierta de dos aguas con faldones.

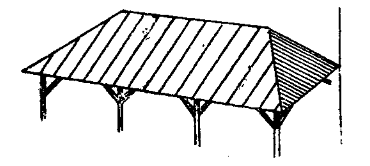
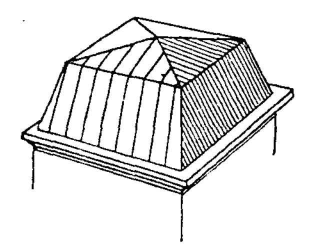


Fig. 724. — Cobertizo con faldones.

decir, colocando, a distancias de unos 3 a 5 m entre sí, fuertes vigas armadas de construcción especial llamadas *cerchas, armaduras* o *cuchillos* (que desempeñan el mismo papel que las vigas en los suelos), las cuales franquean el edificio por su menor dimensión. Cuando se pueden elevar los muros-piñón o medianeros, se da a éstos forma semejante a la de las cerchas, y las *correas,* o piezas que enlazan las cerchas entre sí, descansan en ellos quedando empotrados en la fábrica, la cual se continúa hasta enrasar por arriba las correas.

La base de construcción de una cercha es la forma triangular porque esta figura geométrica es la única indeformable. Al estudiar



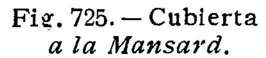


Fig. 725. — Cubierta *a la Mansard.*

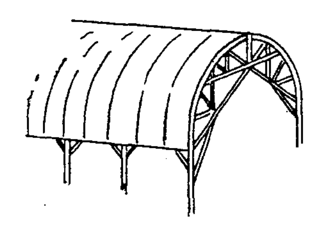


Fig. 726. — Cubierta con cerchas arqueadas.

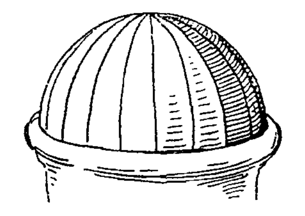
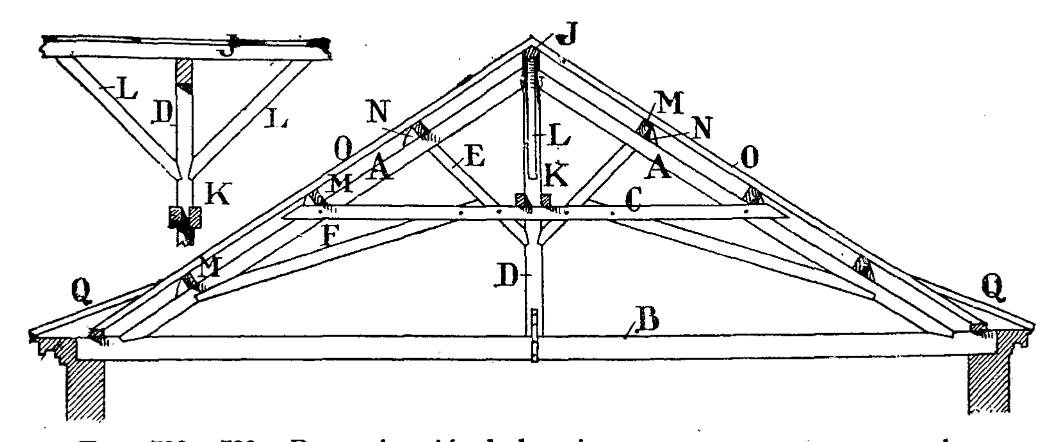


Fig. 727. — Cúpula.

una cercha de madera deben tenerse en cuenta las siguientes condiciones: sencillez, para ahorrar mano de obra y facilitar el montaje; ligereza, o sea cubo mínimo de madera, pero disponiendo ésta de



Figs. 728 y 729. —Denominación de las piezas que componen una cercha.

modo que el conjunto sea sólido y, sobre todo, que aquélla trabaje en el sentido de las fibras, es decir, por tracción o por compresión.

Las principales formas de cubiertas generalmente empleadas son: el *cobertizo* o *cubierta de tejadillo* (fig. 720); la *cubierta de dos aguas* o vertientes (fig. 721); la *cubierta de pabellón,* o sea de tantos lados como vertientes (figura 722); la cubierta de dos vertientes *con faldones* o *petos* (fig. 723); el cobertizo con faldones (fig. 724); la cubierta *a la Mansard* (fig. 725); las cubiertas con cerchas arqueadas (fig. 726) y las cúpulas (fig. 727).

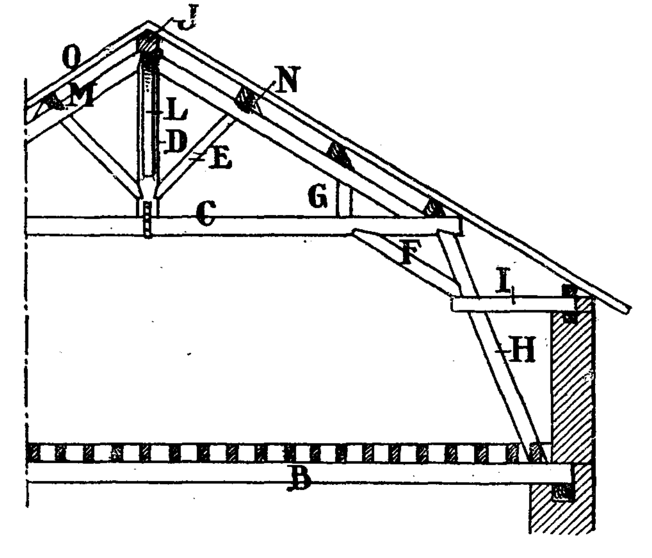


Fig. 730. — Piezas componentes de una armadura.

Las principales piezas que componen una armadura son las que se describen a continuación.

Pares.—Se designan con este nombre las piezas principales *A* (figuras 729 y 730), de una armadura, que están inclinadas en el sentido de la pendiente y sostienen las correas *M* por medio de piezas *N* llamadas *ejiones*. Por su extremo inferior el par se ensambla con el tirante *B* a embarbillado, con o sin espiga, y por el superior a caja y espiga con el pendolón *D*.

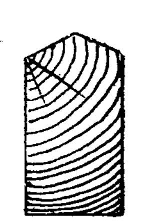


Fig. 731. Sección de un par de limatesa.

Pares de limatesa y de limahoya.—Los primeros son los pares que se colocan en la intersección de dos vertientes que se encuentran formando un ángulo saliente; el par de limatesa está siempre chaflanado, es decir, que su sección tiene la forma que representamos en la figura 731. El par de limahoya es el inverso del de limatesa: es un par colocado en el ángulo entrante que forma la intersección de dos vertientes de la cubierta.

Tirante.—El tirante (*B*, figs. 729 y 730) se hace algunas veces de una sola pieza de madera, pero también puede estar compuesto de dos piezas paralelas que constituyen un *cepo,* entre las cuales se colocan los pares y el pendolón. El papel del tirante es, principalmente, el de impedir la separación de los pares. El *falso tirante* o *puente C* se coloca paralelamente al primero y alivia los pares hacia la mitad de la luz.

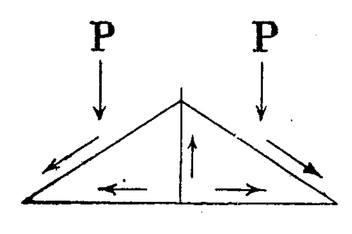


Fig. 732. Viga armada.

Pendolón.—El pendolón (*D*, figs. 728 a 730) es una pieza que trabaja por tracción si el tirante está cargado (por ejemplo, si sostiene un piso) porque entonces, el tirante empieza a flexarse y arrastra consigo al pendolón, el cual empuja a los pares en el sentido de las flechas (figura 732) y éstos, a su vez, en virtud de su carga, tratan de buscar la posición horizontal empujando por sus extremos, de modo que estiran el tirante y éste levanta el pendolón. De este modo puede llegarse al equilibrio perfecto; tal es el caso de la viga armada (fig. 732).

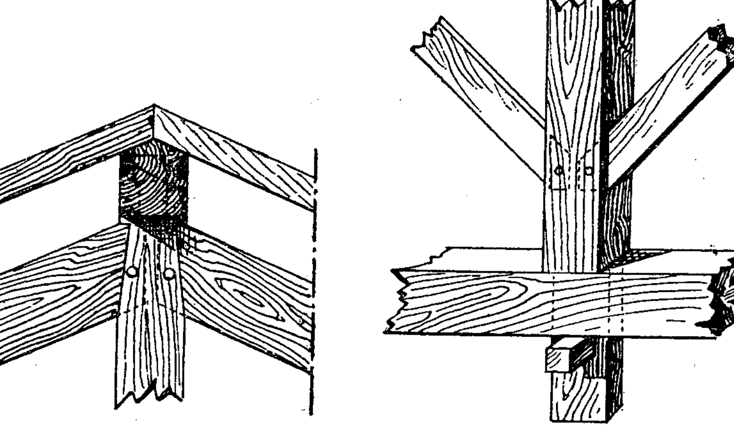
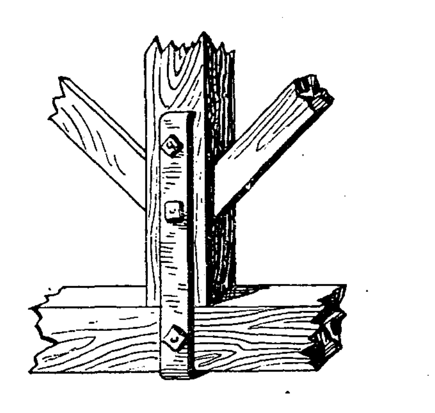


Fig. 733.—Parte superior de un pendolón.

Fig. 734.—Parte inferior de un pendolón.

En las figuras 733 a 736 damos la ensambladura del pendolón

ordinario en sus extremos superior e inferior; cuando la cubierta es una cúpula cónica, el pendolón tiene la forma de las figuras 737 y 738.



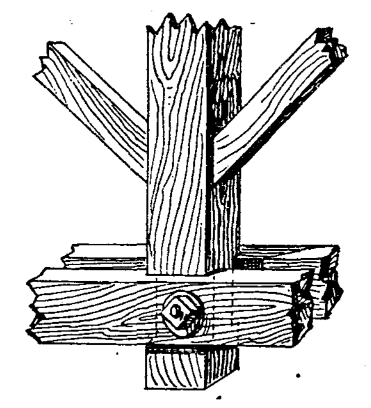
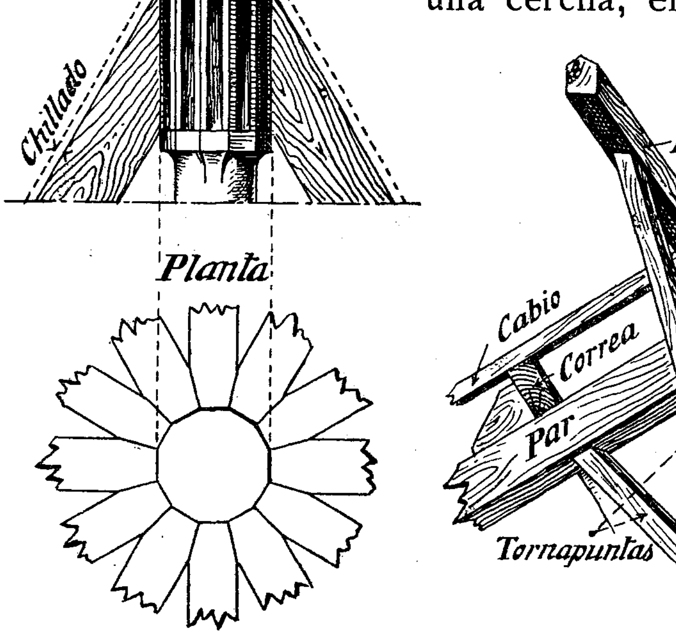


Fig. 735 y 736.—Ensambladuras de pendolón y tirante.

Tornapuntas.—La tornapunta (*E*, figuras 729 y 730) es una pieza que, en una cercha, está destinada a reforzar el par y se apoya en el pendolón. La *tornapunta* se coloca perpendicularmente al par y lo más cerca posible de las correas, y por el otro extremo se ensambla con el pendolón. En una cercha, el pendolón recibe cuatro



Figs. 737 y 738.
Pendolón de una cubierta cónica.

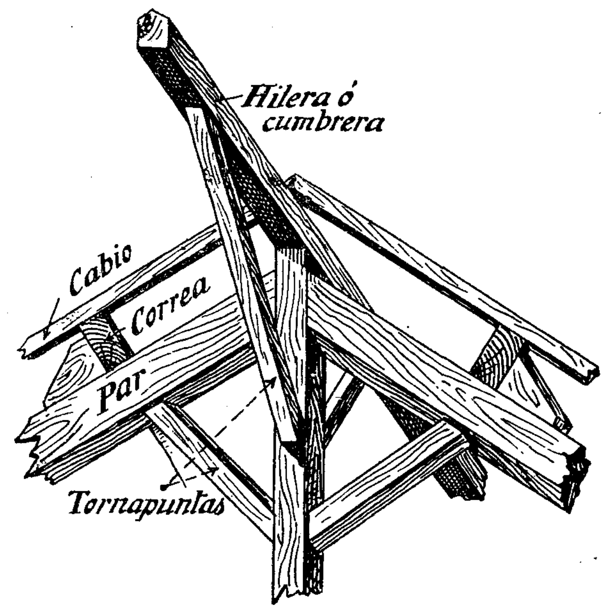


Fig. 739.
Parte superior de una cercha.

tornapuntas; dos alivian los pares y otras dos, llamadas *tornapuntas de cumbrera,* sostienen la hilera o cumbrera (figura 739). También se da el nombre de *tornapunta* a las piezas colocadas oblicuamente para apuntalar los muros que amenazan ruina (fig. 740), pero es preferible reservar para este caso el nombre de *puntal.*

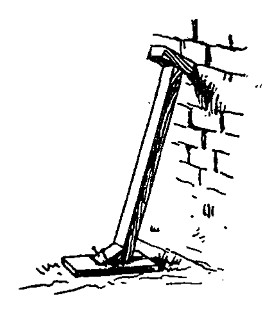


Fig. 740.
Tornapunta o puntal.

Jabalcones.—Son piezas de madera rectas o curvas (*F*, figs. 729 y 730) que sirven para robustecer por triangulación la ensambladura de dos piezas de madera

e impedir su separación. Los jabalcones tienen sus extremos terminados en espigas que encajan en mortajas, practicadas en las dos piezas ensambladas que forman ángulo.

Pilarejos.—Los pilarejos son pequeñas piezas que se colocan vertical u oblicuamente (*G*, fig. 730) y que aligeran el par apoyándose en el tirante.

Puntales.—En una armadura quebrantada, el puntal (*H*, fig. 730) es la pieza de madera, ligeramente inclinada, que va del puente al

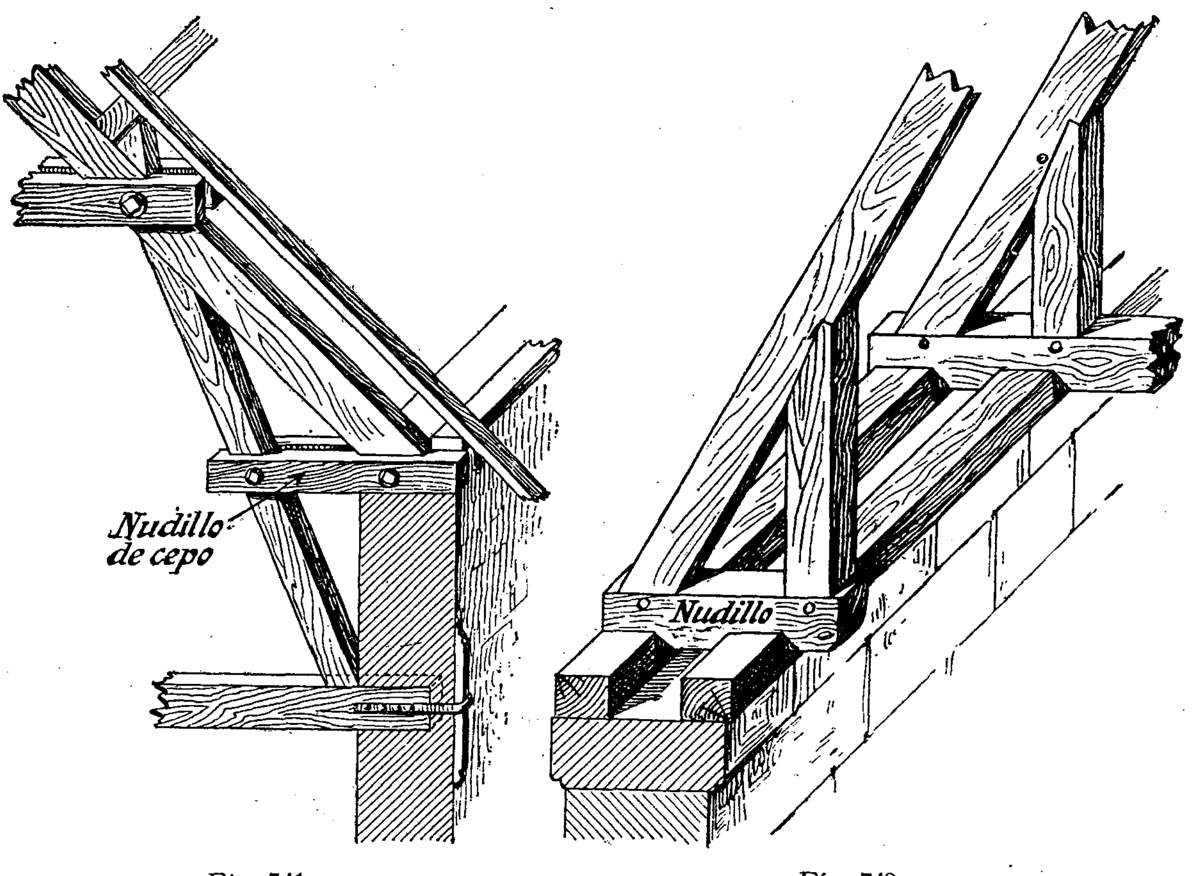


Fig. 741.
Nudillo formando cepo.

Fig. 742.
Nudillos en las cerchas sobre bóvedas ojivales.

tirante y que sostiene toda la parte superior de la armadura, es decir, todo lo que está por encima del puente.

Nudillos.—Estas piezas (*I*, fig. 730) se emplean en las armaduras de puente y suelen enlazar el pie del par, con un puntal (figura 741). El nudillo se hace de una sola pieza, pero entonces es menester ensamblarlo a media madera con el puntal, lo que le debilita, y lo mismo pasaría si se ensamblara a caja y espiga. Lo mejor, en nuestra opinión, es duplicar el nudillo formando un cepo (fig. 741). Las armaduras hechas por los arquitectos de la Edad media sobre bóvedas ojivales presentan ejemplos de nudillos (fig. 742), en los cuales se ensamblan a caja y espiga los gruesos cabios que forman cerchas intermedias entre las cerchas maestras.

Hilera o cumbrera.—La hilera es una pieza generalmente horizontal (inclinada, si el sitio que se ha de cubrir tiene la forma de un trapecio) que forma la arista superior de un entramado de cubierta y que recibe los extremos superiores de los cabios (*J*, figs. 728,729 y 730, véase además fig. 739). Cuando la cubierta tiene una gran longitud, la hilera consta de varias piezas; las juntas siempre se hacen sobre la cabeza del pendolón y los extremos se apoyan en una armadura, o sobre un muro, según los casos. Como indica la figura 743, la hilera está achaflanada en el sentido de la pendiente.

Riostras.—Son piezas (*K*, fig. 729) de madera paralelas a la cumbrera, que se ensamblan en los pendolones y enlazan las cerchas entre sí.

Tornapuntas de cumbrera.—Son pequeñas tornapuntas (*L*, figuras 728 a 730, además, fig. 739) que, apoyándose en el pendolón, ali-

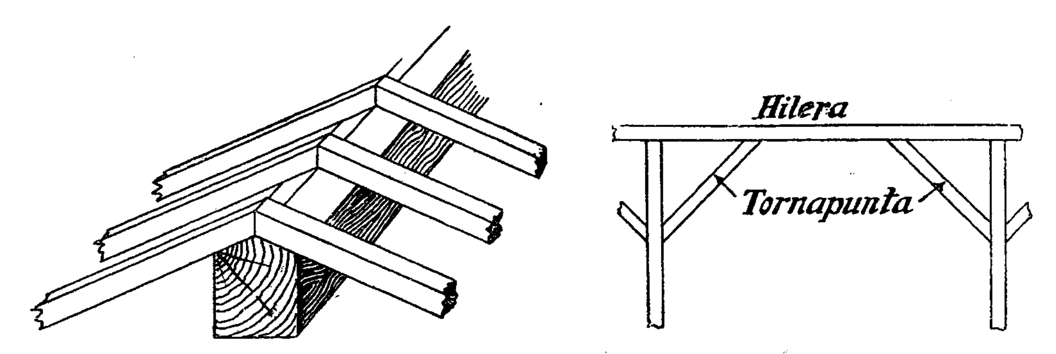


Fig. 743. — Achaflanamiento de la hilera.

Fig. 744. - Arriostramiento de las cerchas con tornapuntas de cumbrera.

vian la hilera. En las luces pequeñas, estas tornapuntas llegan a reducir a un tercio la luz libre de la hilera, como puede verse en la figura 744.

Correas.—Son piezas horizontales de madera (*M*, figs. 729 y 730, también fig. 739) que reúnen las cerchas entre sí apoyándose en los pares y que sostienen los cabios que deben recibir la cubierta propiamente dicha. Las correas se colocan con una separación que está comprendida entre 1,75 y 2,25 m: esta separación está determinada por la longitud de la vertiente, la clase de cubierta y la escuadría de los cabios, que para los mencionados límites de separación suelen ser de ocho centímetros.

Ejiones.—Son tacos (*N*, figs. 729 y 730, además, figs. 739 y 745) que se fijan a los pares para impedir el deslizamiento de las correas; pueden ensamblarse a caja y espiga con embarbillado, que es como debe hacerse en un trabajo esmerado, aunque a veces sea suficiente un ligero embarbillado. En la práctica, los ejiones

van sencillamente clavados al par y muy raras veces se fijan con pernos.

Cabios.—Son pequeñas piezas de madera que se clavan sobre las correas y reciben el enlatado o chillado; según el material que se emplee para la cubierta, los cabios estarán espaciados de 33 a 60 cm. Su escuadría depende del peso de la cubierta que deben sostener; será mayor si han de soportar tejas que cuando se emplee cartón embetunado. Dicha escuadría puede ser de: 6 × 8 cm, es decir, que salen 4 de un madero de 8 × 24 cm; de 8 × 8 m (o sea 3 cabios de aquel madero); de 8 × 12 cm, es decir, 2 por pieza. En Francia suele adoptarse la escuadría de 8 × 11 cm para los cabios de la parte casi vertical en las armaduras quebrantadas (a la Mansard), pues la dimensión 11 cm permite hacer en los intervalos un ligero forjado de medio ladrillo de espesor (recuérdese que el ladrillo francés tiene 11 cm de ancho, pág. 60).

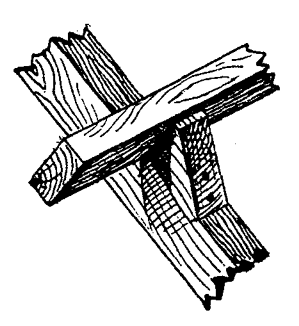
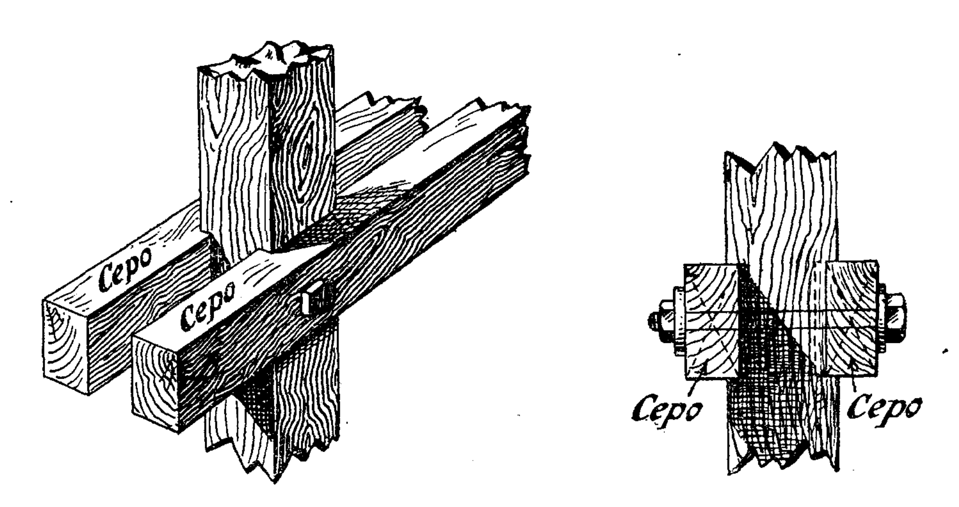


Fig. 745.—Ejión.

Carreras.—Las carreras son como soleras colocadas sobre el muro (cuando no hay muros son correas), que reciben el extremo inferior de los cabios lo mismo que la hilera recibe el superior.

Talones.—Son pequeñas piezas de madera (*Q*, fig. 729) que se apoyan en la parte inferior de los cabios y en el filo del alero del tejado



Figs. 746 y 747.—Cepos.

para suavizar la pendiente de la cubierta, en el sitio donde se apoya en la cornisa, y también para separar de la fachada las aguas de lluvia.

Cepos.—El cepo es un precioso elemento de la carpintería de armar, pues evita las ensambladuras difíciles, que casi siempre debilitan las piezas esenciales. Está compuesto de dos piezas de madera

que abrazan entre sí otras piezas del entramado; casi siempre tienen entalladuras hechas de modo que eviten que trabaje el perno solo (figuras 746 y 747).

En las figuras 728 y 729 puede verse que el puente *C* constituye un cepo; asimismo, las riostras pareadas *K* de la figura 729 encepan los pendolones de todas las armaduras que constituyen la cubierta. El tirante de la figura 736 encepa los pares y pendolón de la armadura y la figura 741 muestra otro ejemplo de cepos.

A veces hay ventaja en desdoblar un madero constituyendo cepos: así se obtendrá un pie derecho más resistente con dos piezas de 8 × 23 cm (separadas 7 cm, por tacos sujetos con pernos) que empleando una sola pieza de sección equivalente, es decir, de 16 × × 23 centímetros.

Pendientes de las cubiertas. — Lo primero que debe preocupar al constructor, al hacer el estudio de una armadura, es la pen-

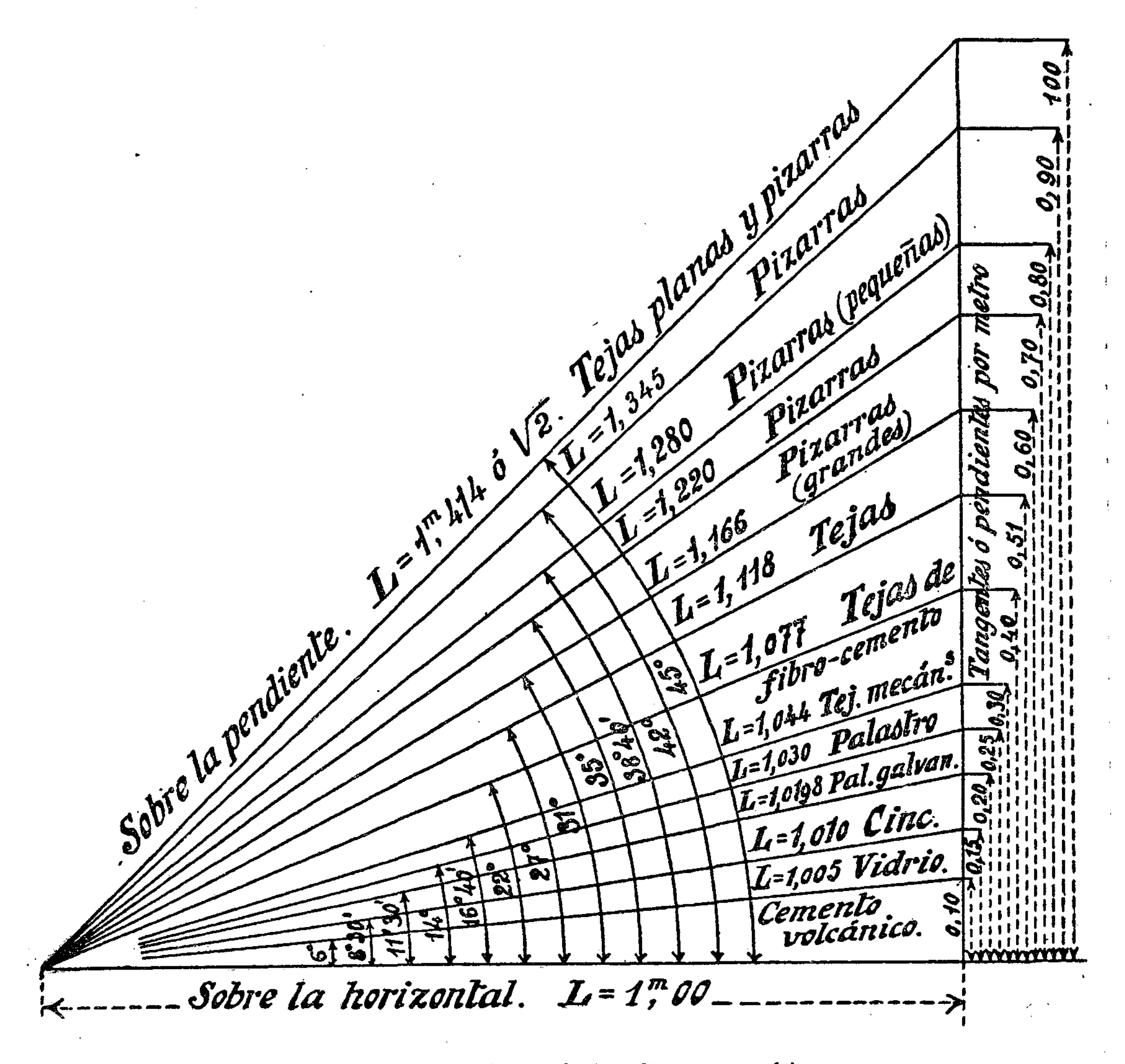


Fig. 748. – Inclinaciones de las diversas cubiertas.

diente que debe dar a las vertientes. Esta pendiente está limitada por el destino y el carácter del edificio, por los materiales

de que se dispone y, por último, por el clima del país donde se construye.

Sin preocuparnos de la cuestión de arquitectura, sólo consideraremos aquí la pendiente mínima que permiten los diferentes materiales empleados para cubiertas y que resumimos en el diagrama de la figura 748.

Las razones de economía llevarán siempre al constructor a dar bastante pendiente a las cubiertas, porque las armaduras pueden ser más ligeras, pero no demasiada, pues entonces la cubierta adquiere un gran desarrollo; así: una cubierta inclinada un ángulo de 85°, tendría una gran pendiente, de 11,70 m por metro aproximadamente y, por lo tanto, por cada metro cuadrado de planta resultarían unos 12,10 m² de cubierta; en cambio, ciertas cubiertas formando terraza con una pendiente de 10 cm por metro (unos 5° 50′ aproximadamente) dan un desarrollo de 1,005 m² por metro cuadrado de planta. Se ve, pues, que en un país donde sea posible la cubierta casi horizontal, costará ésta, suponiendo una inclinación de 5° 50′, doce veces menos que la de gran inclinación, a 85°, y sólo habrá que tener en cuenta el peso que ha de soportar la armadura.

Las pendientes deben variar naturalmente con los climas. En las regiones templadas se pueden admitir, en general, las siguientes inclinaciones:

Tejas de recubrimiento. . . .	de 40 a 50	cm	por	m
Cubiertas metálicas	de 25 a 30	»	»	»
Pizarra	de 74 a 100	»	»	»

Peso propio y sobrecargas de las cubiertas.—Para determinar las dimensiones de las piezas de la armadura es preciso conocer las cargas que actúan sobre la techumbre. Estas cargas son: por un lado el peso propio de la cubierta y de la armadura, y por otro, la presión ejercida por el viento y la sobrecarga accidental de la nieve. Se podrá, pues, consultando los cuadros que siguen, sumar la carga permanente (para madera o hierro) con la sobrecarga de nieve que pueda preverse en el país donde se construye.

La siguiente tabla (1) da un resumen de la carga permanente o peso propio (cubierta y enlatado o chillado) de diversas especies de techumbres teniendo en cuenta su inclinación, es decir, la relación entre la altura h y la luz l.

Cuanto mayor es la pendiente de la cubierta mayor es también la presión del viento. En la obra de Wanderley, de la que sacamos

(1) MAURICE MAURER, *Statique graphique.*

Peso propio de las cubiertas y de su entramado por metro cuadrado de cubierta

Naturaleza de la cubierta	Inclinaciones usuales $\frac{h}{l}$	Pesos medios en Kg por metro cuadrado de cubierta
Tejados con armadura de madera		
Teja plana	$\frac{1}{1}$ a $\frac{1}{2}$	100
Teja de enchufe (mecánica)	$\frac{1}{1}$ a $\frac{1}{2}$	125
Pizarra	$\frac{1}{2}$ a $\frac{1}{5}$	75
Betún con revestimiento de arcilla	$\frac{1}{12}$ a $\frac{1}{16}$	60 a 75
Cartón embetunado	$\frac{1}{6}$	30
Zinc o palastro galvanizado con enlistonado	$\frac{1}{6}$	40
Tejados con armadura metálica		
Pizarra sobre hierros de ángulo	$\frac{1}{2}$ a $\frac{1}{5}$	50
Palastro galvanizado sobre hierros de ángulo	$\frac{1}{6}$	25
Palastro ondulado sobre hierros de ángulo	$\frac{1}{6}$	22
Zinc sobre hierros de ángulo	$\frac{1}{6}$	24
Cobre	$\frac{1}{6}$	45
Vidrio	$\frac{1}{5}$ a $\frac{1}{12}$	60

Sobrecarga producida por la nieve

$\frac{h}{l}$	Sobrecarga de nieve en Kg por metro cuadrado de cubierta		
	Capa de 30 cm	Capa de 60 cm	Capa de 90 cm
$\frac{1}{2}$	21	43	64
$\frac{1}{3}$	25	50	75
$\frac{1}{4}$	27	53	80
$\frac{1}{5}$	28	55	83
$\frac{1}{6}$	28	56	84
$\frac{1}{7}$	29	57	86
$\frac{1}{8}$	29	58	87
$\frac{1}{9}$	29	59	88
$\frac{1}{10}$	30	59	89
Cubierta horizontal	30	60	90

los cuadros que vienen a continuación, se admite que la dirección del viento forma un ángulo de 10° con la horizontal y que, por lo tanto, encuentra oblicuamente las vertientes pudiendo descomponerse en

dos fuerzas, una horizontal y la otra vertical; la primera es la que tiene mayor valor.

La tabla siguiente da, para diversas inclinaciones del tejado: los valores de la sobrecarga p' de nieve por metro cuadrado de proyección horizontal, calculados admitiendo que la cantidad de aquélla fuese de 75 Kg por m² de cubierta, mediante la fórmula $p' = 75 \cos \alpha$ y también las componentes horizontal y vertical de la presión del viento por metro cuadrado de cubierta, en el supuesto de que dicha presión tenga una inclinación de 10° sobre la horizontal y ejerza un empuje sobre una superficie normal a ella de 76 Kg por metro cuadrado.

SOBRECARGAS DEBIDAS A LA NIEVE Y AL VIENTO, POR METRO CUADRADO DE PROYECCIÓN HORIZONTAL

Pendiente de la cubierta	Relación de la flecha a la luz. Armadura de dos vertientes	Angulo α con la horizontal	Carga debida a la nieve	PRESIÓN DEL VIENTO	
				Componente horizontal	Componente vertical
$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{24}$	4° 50′	74,70	19,12	3,38
$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{12}$	9° 30′	73,95	24,90	4,60
$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{6}$	18° 30′	71,10	35,70	6,30
$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	26° 30′	67,13	44,50	7,80
$\frac{1}{1,5}$	$\frac{1}{3}$	33° 40′	62,40	51,60	9,10
$\frac{1}{1,2}$	$\frac{5}{12}$	39° 50′	57,60	57,00	10,10
$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{2}$	45°	53,03	61,20	10,80
$\frac{1}{0,7}$	$\frac{5}{7}$	55°	42,80	67,60	11,95
$\frac{1}{0,6}$	$\frac{5}{6}$	59°	38,20	69,70	12,30
$\frac{1}{0,5}$	$\frac{1}{1}$	63° 30′	33,50	71,50	12,65

CARGA TOTAL INCLUYENDO EL PESO PROPIO DE LA CUBIERTA, LA SOBRECARGA DE LA NIEVE Y LA PRESIÓN DEL VIENTO

NATURALEZA DE LA CUBIERTA	CARGAS EN KILOGRAMOS POR METRO CUADRADO DE PROYECCIÓN HORIZONTAL para pendientes de:								
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{10}$
Paja sin barro	223	193							
Paja con barro	238	208							
Tejas planas, recubrimientos simples	264	233	218						
Tejas planas, recubrimientos dobles	290	260	244						
Pizarras sobre enlistonado. .	238	208	193	183					
Zinc o palastro ondulado . .	203	173	157	147	142	139	137	135	132
Cartón embreado	193	168	147	137	132	129	127	125	123
Asfalto sobre capas de arcilla.	238	208	193	183	178	175	173	170	168
Asfalto sobre baldosas . . .	264	233	218	218	203	200	197	195	193

Armaduras para cobertizos o cubiertas de tejadillo.—Son armaduras de una sola vertiente, generalmente adosadas a un muro; a veces se sostienen en pies derechos cuyos intervalos se rellenan con un material cualquiera.

Cuando la luz es muy pequeña, de 2,25 a 3,00 m, se puede cubrir por medio de cabios sencillos que se apoyan en carreras

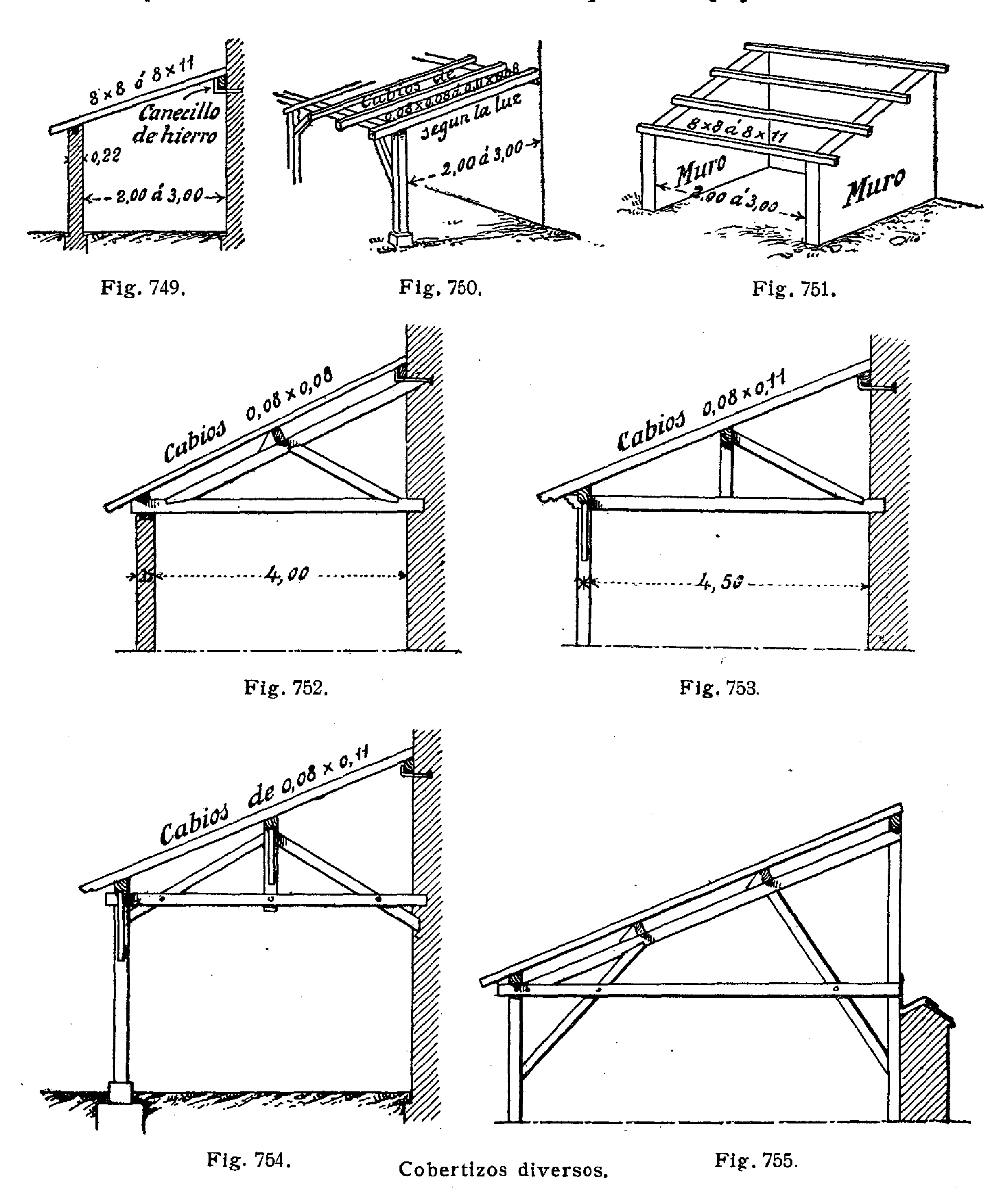


Fig. 749. Fig. 750. Fig. 751.

Fig. 752. Fig. 753.

Fig. 754. Cobertizos diversos. Fig. 755.

colocadas sobre los muros (fig. 749). También puede apoyarse el cobertizo contra un muro y la parte inferior o del alero en pies derechos (fig. 750).

Puede también ocurrir que se trate de cubrir un espacio profundo y colocado entre dos muros muy próximos: entonces la parte

resistente está constituída por las correas y los cabios se apoyarán en ellas (fig. 751).

Por lo demás, en las figuras 752 a 755 damos una serie de ejemplos que responden a casi todos los casos que pueden presentarse en la práctica.

En los casos precedentes se supone que la separación entre cerchas es de unos 4 m; se puede llegar hasta 4,50 y aun 5,00 m, pero forzando un poco las dimensiones de los maderos. Hay casos, sin embargo, en que es forzoso aumentar bastante esta separación, pues los pies derechos estorban, interrumpen desagradablemente las

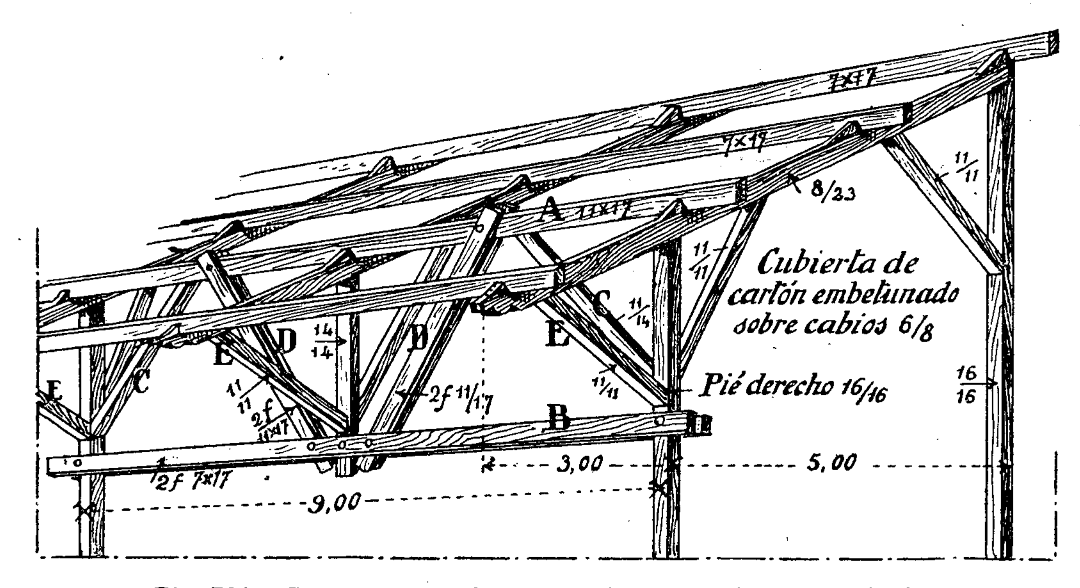
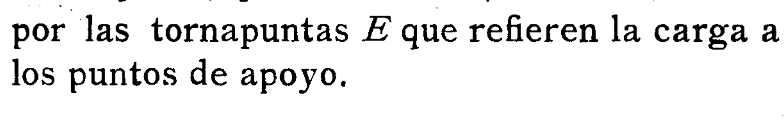


Fig. 756.—Cobertizo con falsas cerchas o cerchas secundarias.

superficies y a veces no pueden tolerarse. Por tanto, hay que franquear grandes luces, sin aumentar la escuadría de las correas, y para ello basta componer el entramado con cerchas y falsas cerchas y reemplazar para estas últimas los puntos de apoyo por una viga armada que refiera la carga a los otros soportes.

En la figura 756 damos un ejemplo de esta disposición: los postes, espaciados 9 m, están reunidos por una correa *A* y un cepo *B*, que con las tornapuntas *C* y las manguetas-cepo *D* forman una viga armada. El saliente de los pares, que es de 3 m, está consolidado


por las tornapuntas *E* que refieren la carga a los puntos de apoyo.

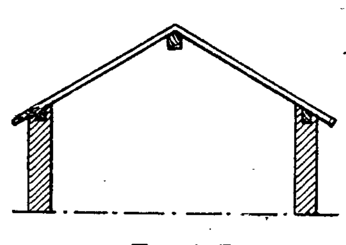
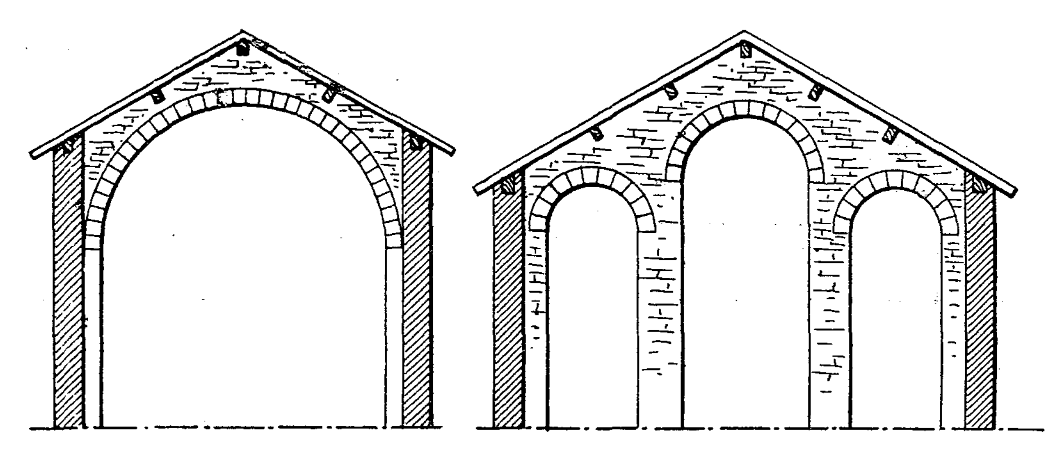


Fig. 757.
Cubierta sobre piñones

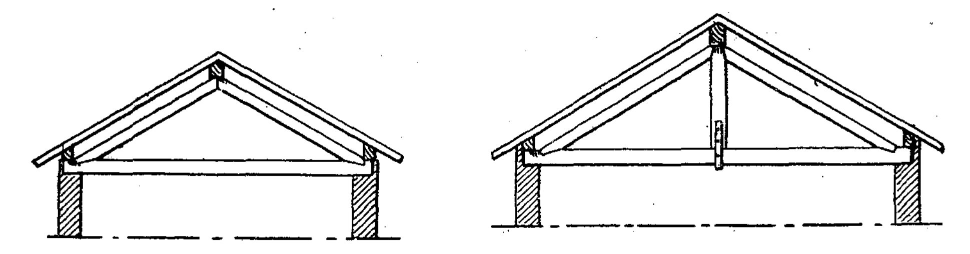
Cubiertas de dos aguas, sin armaduras.— Se construyen cubiertas de dos vertientes sin cerchas, en el caso de que los muros-piñón estén tan próximos que baste terminarlos en forma de cerchas y unirlos por correas (fig. 757) constituyendo las llamadas *cubiertas sobre piñones*. Claro es que estos piñones pueden ser macizos o aligerados por vanos o arcos cualesquiera (figs. 758 y 759).

Armaduras ordinarias a dos aguas.—La cercha más elemental está formada sencillamente por un tirante y dos pares (fig. 760). Evidentemente que esta estructura de cercha no puede convenir



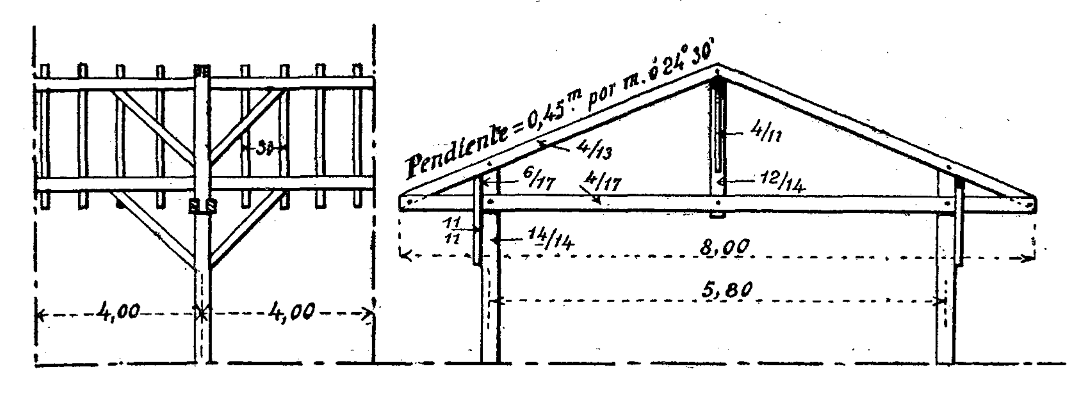
Figs. 758 y 759.—Cubiertas sobre piñones.

más que para luces pequeñas, y el ensamble de la hilera es casi siempre más defectuoso que si se coloca un pendolón en el que los pares y la hilera encuentran un ensamble sencillo y sólido (fig. 761).



Figs. 760 y 761.—Cerchas pequeñas.

Oslet da, en su tratado de carpintería de armar, un modelo de pequeña armadura económica en la que casi todos los elementos son tablas. Este tipo puede utilizarse en cobertizos o abrigos provisiona-



Figs. 762 y 763.—Tipo de armadura ligera.

les cuya luz no pase de 6 m y que estén cubiertos con materiales ligeros (figs. 762 y 763).

Llamamos la atención de nuestros lectores sobre la disposición de los pares y del tirante, que sobresalen de los postes, constituyendo un triángulo que hace inútil la tornapunta.

La armadura que representa la figura 764 lleva, en cada vertiente, una correa con o sin tornapuntas, según que la pendiente sea más o menos pronunciada y principalmente según la luz de los pares. En esta armadura, cada cercha es una verdadera viga armada que

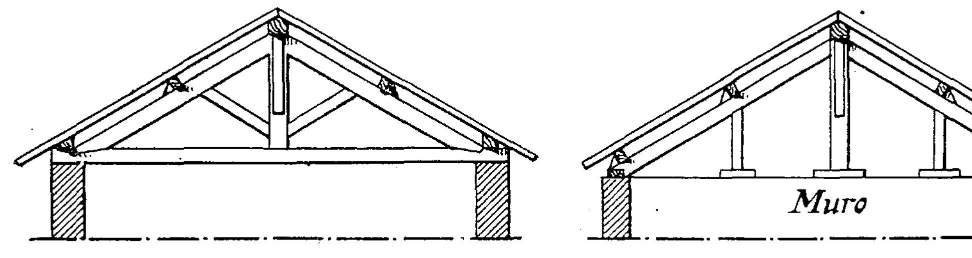


Fig. 764.—Armadura rígida.

Fig. 765.—Armadura sobre pilarejos.

no debe ejercer sobre los muros más que esfuerzos en sentido vertical, es decir, que esta cercha debe ser indeformable. Si, como sucede algunas veces, se dispone de un muro divisorio, se pueden colocar sencillamente apoyos verticales, debajo de los pares, suprimiendo las tornapuntas (fig. 765). La misma armadura puede también sostener un techo; en tal caso, las viguetas pueden descansar sobre el tirante, que hace el papel de sofito, o bien ir ensambladas al mismo (fig. 766).

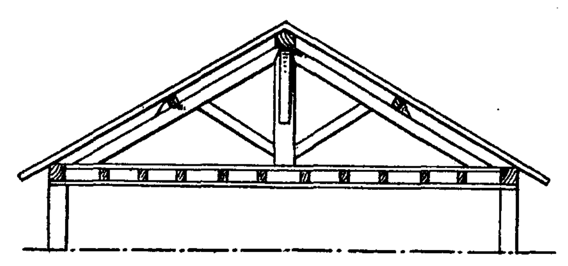


Fig. 766.—Cercha que sostiene un piso.

Armaduras poligonales.—Se emplean cuando las cerchas deben quedar aparentes o bien en las que tienen puentes. Con esta clase de

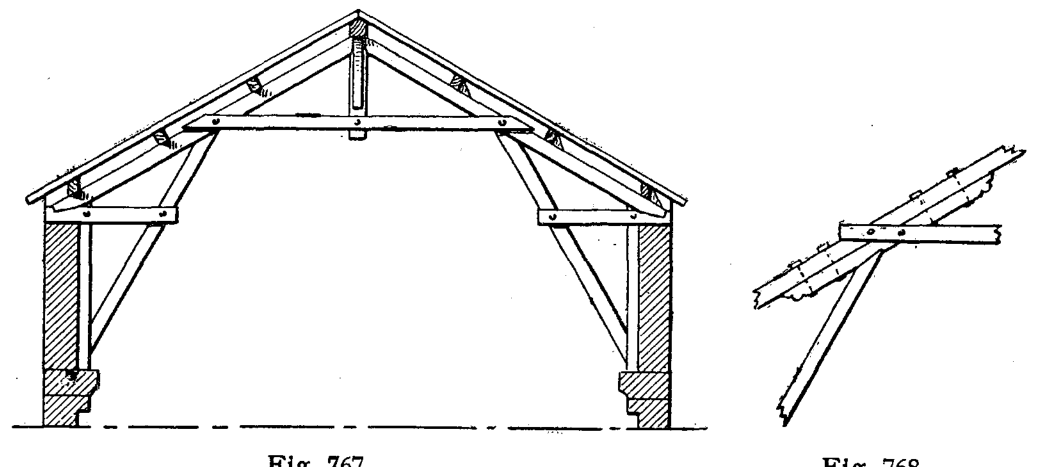
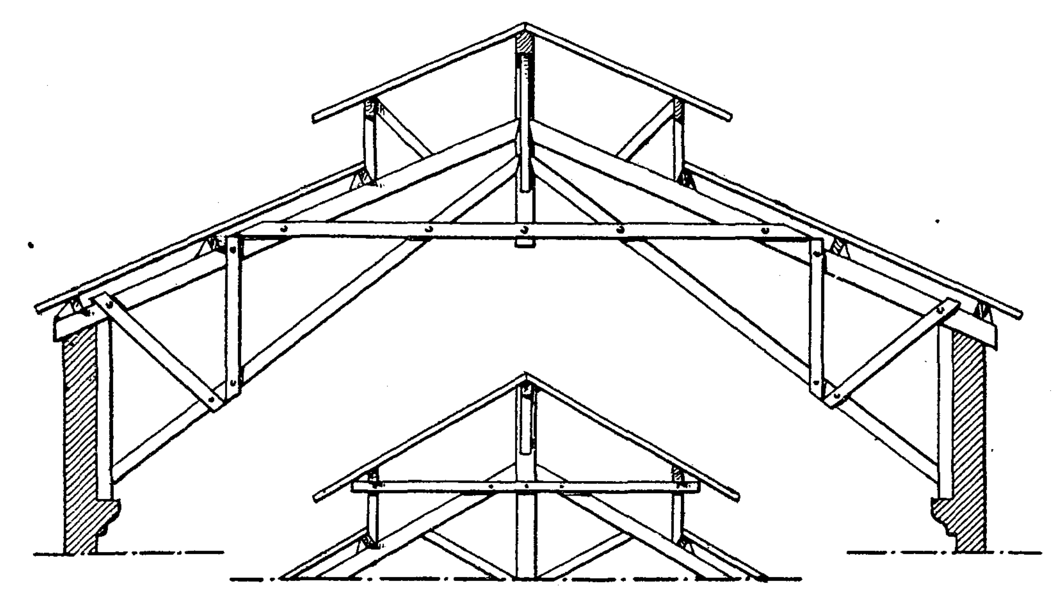


Fig. 767.
Armadura poligonal.

Fig. 768.
Refuerzo de los pares en las armaduras poligonales.

armaduras, hay que tener en cuenta siempre cierto empuje, por lo que conviene no emplearlas sino entre dos construcciones, entre muros sólidos (fig. 767) o también reforzando los pares como indicamos en la figura 768.

Armaduras con linterna.—Muchas veces es necesario iluminar o ventilar un local por la parte superior de la cubierta; enton-



Figs. 769 y 770.—Armaduras con linterna.

ces hay que recurrir a una pequeña armazón que se apoya en las cerchas y correas, dejando pasar el aire o la luz (figs. 769 y 770).

Armaduras con suelo colgado.—Es el caso que se presenta, por ejemplo, en el telar de los teatros, pero que también puede servir muy bien para suelos de grandes luces. Es suficiente fijar a la cercha fuertes puntos de apoyo de la solidez suficiente. El piso está suspendido por péndolas, de madera o de hierro, colocadas de modo que refieran las cargas a los apoyos de las cerchas (fig. 771).

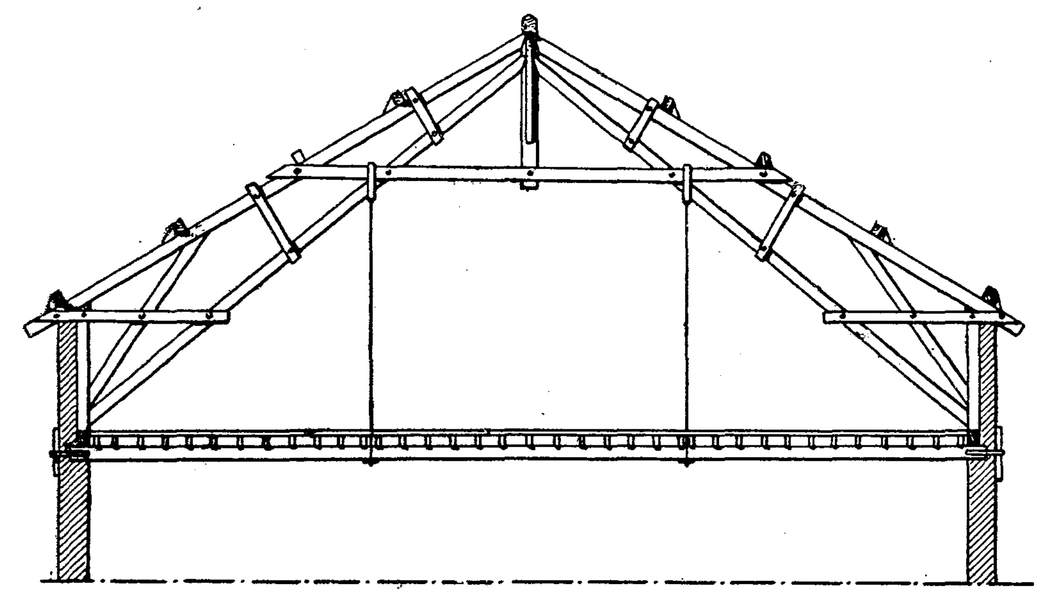


Fig. 771.—Armadura con suelo colgado.

Armaduras curvas.—La forma ojival es la más favorable para dar salida al agua; pues una cubierta de medio punto, por ejemplo,

presenta en la parte superior una porción casi horizontal que constituye una dificultad para el constructor. Con frecuencia, se adopta la forma curva para el interior, mientras que en el exterior se conserva la forma triangular compuesta de pares rectilíneos. Las cerchas curvas se construyen empleando elementos con juntas alternadas, generalmente tablones clavados, enclavijados o empernados. Según los casos, estas planchas se colocan de canto (figura 772 perspectiva, y figura 773 sección transversal), sistema ideado por Filiberto Delorme, o bien de plano (figura 774), procedimiento generalizado por Emy. Las figuras 775 y 776 representan ejemplos de armaduras con cerchas curvas, ojival y de medio punto respectivamente.

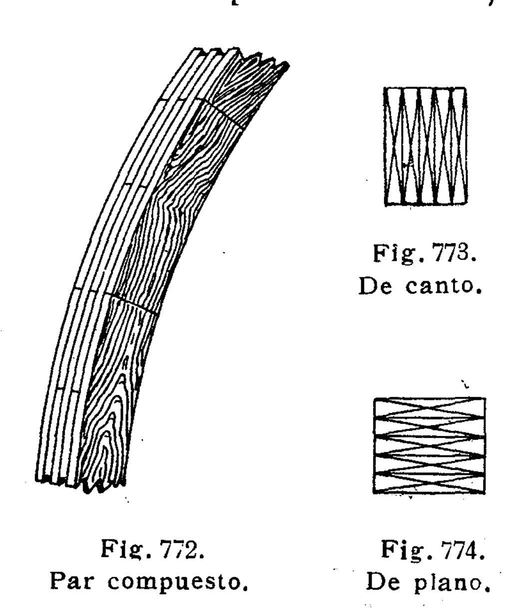


Fig. 773. De canto.

Fig. 772. Par compuesto.

Fig. 774. De plano.

Armaduras sobre pies derechos.—Siempre que sea posible, se debe recurrir a los puntos de apoyo constituídos por pies derechos y evitar las grandes luces; en las armaduras que cubren los talleres,

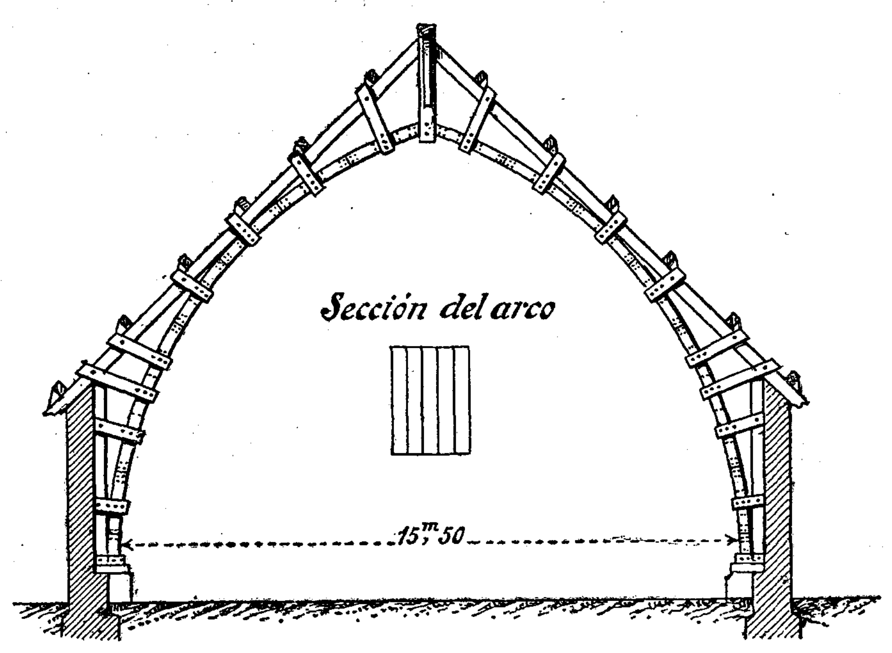


Fig. 775.—Armadura tipo *Delorme*.

los postes o pies derechos son útiles, además, para soportar transmisiones, puentes-grúa, etc. En las figuras 777 y 778 damos dos tipos diferentes.

Armaduras en diente de sierra.—Esta es la armadura por excelencia para los talleres; su objeto es aumentar la cantidad de luz que

debe iluminar un espacio y obtener luz difusa (exponiendo la parte

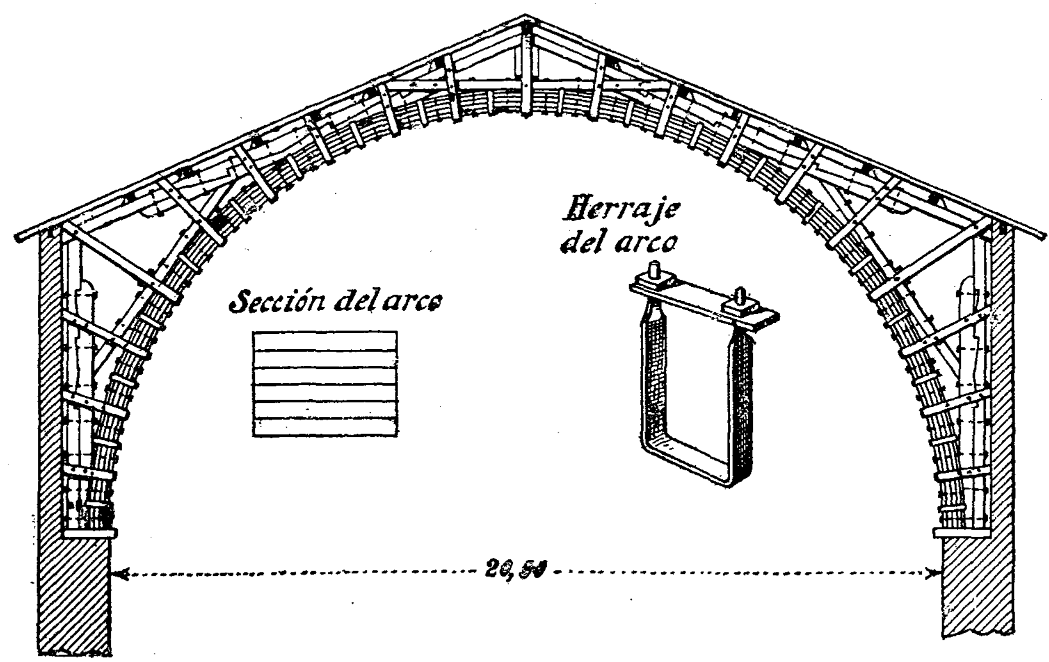


Fig. 776.—Armadura tipo *Emy*.

envidrierada al norte, para evitar la demasiada vivacidad de los

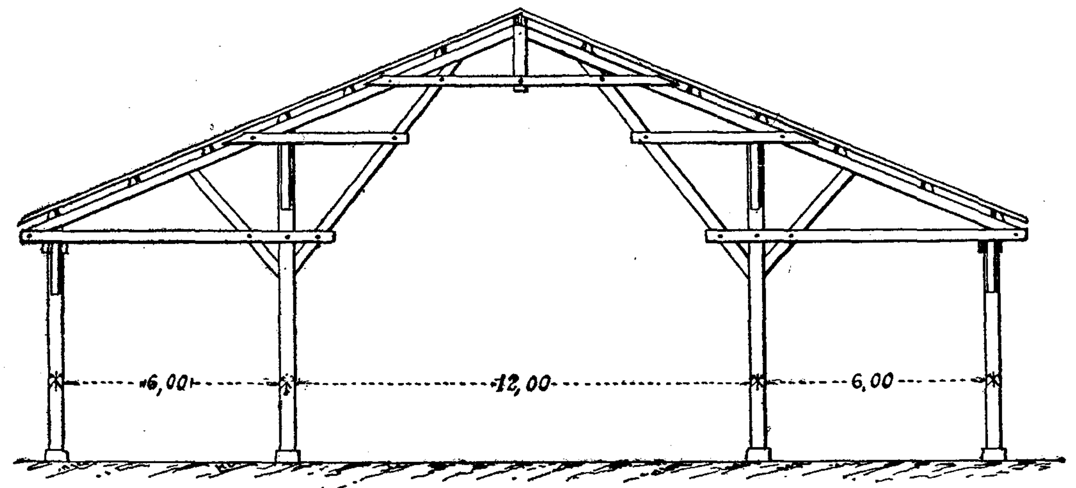


Fig. 777.—Armadura sobre pies derechos.

rayos solares directos) y por consiguiente, más constante. No se

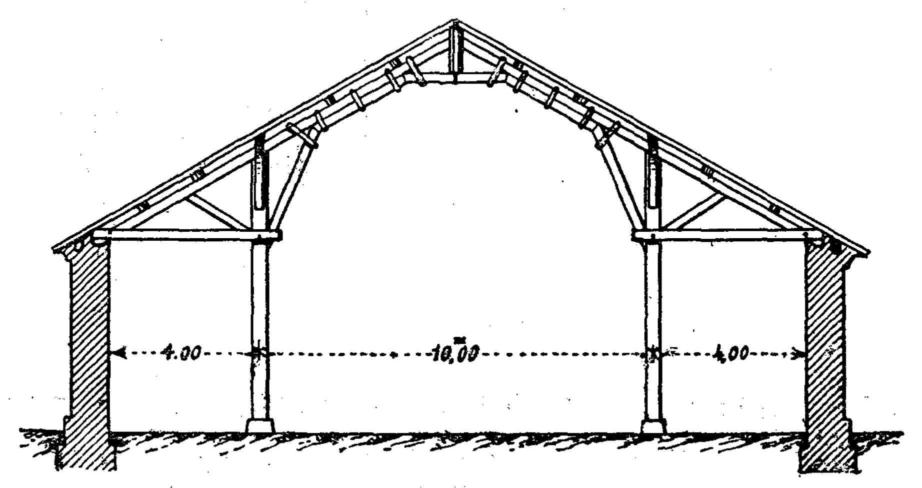


Fig. 778.—Armadura sobre pies derechos.

puede negar que estas armaduras tienen forma algo rara; como

están reunidas generalmente por grupos (fig. 779) dan perfectamente la ilusión de una hoja de sierra gigantesca.

La construcción de estas armaduras es muy sencilla, por lo menos para luces pequeñas, como puede verse en las figuras 780

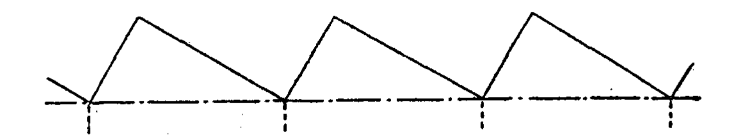
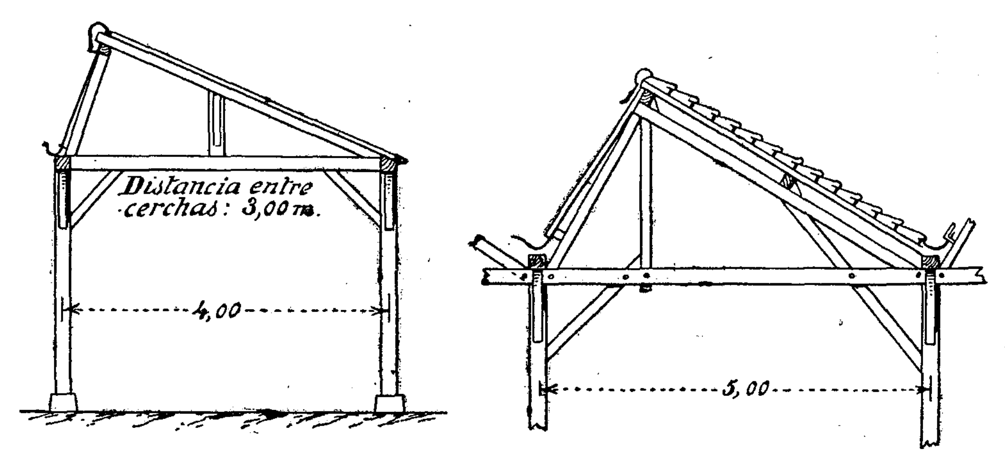


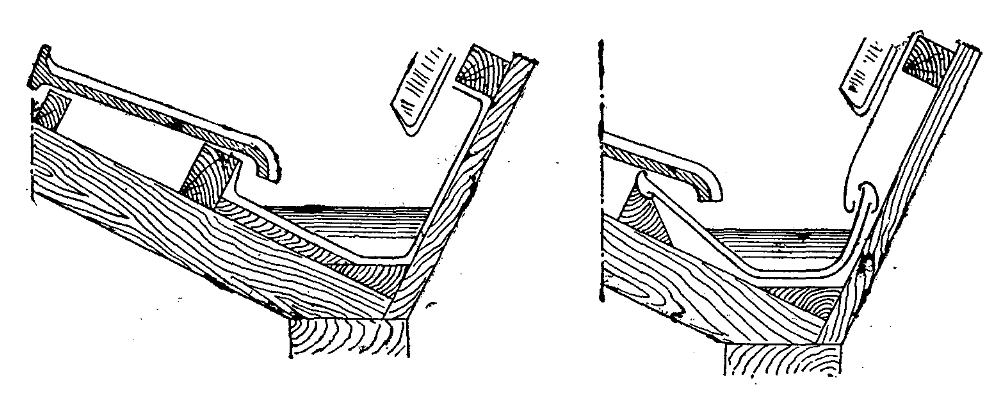
Fig. 779.—Esquema de una cubierta en diente de sierra.

y 781. No insistiremos nunca bastante acerca de la necesidad de darle al canalón, en esta clase de armaduras, dimensiones sobradas. La forma de estas armaduras, favorable para la iluminación, facilita en



Figs. 780 y 781.—Armaduras para cubierta en diente de sierra.

cambio la acumulación de la nieve; es preciso, pues, poderla conducir rápidamente al exterior, para lo que es indispensable un canalón grande. En las figuras 782 y 783 damos dos tipos de canalones.



Figs. 782 y 783.—Canalones para armaduras en diente de sierra.

Armaduras a la Mansard.—El arquitecto Mansard (1645-1708) dió su nombre a estas armaduras quebrantadas, cuyas dos vertientes tienen pendiente muy distinta (fig. 784), constituyendo la más abrupta la *verdadera armadura* y la menos inclinada, colocada encima, la

falsa armadura. Esta disposición presenta la ventaja de poder disponer piezas habitables sin necesidad de dar gran altura a las cubier-

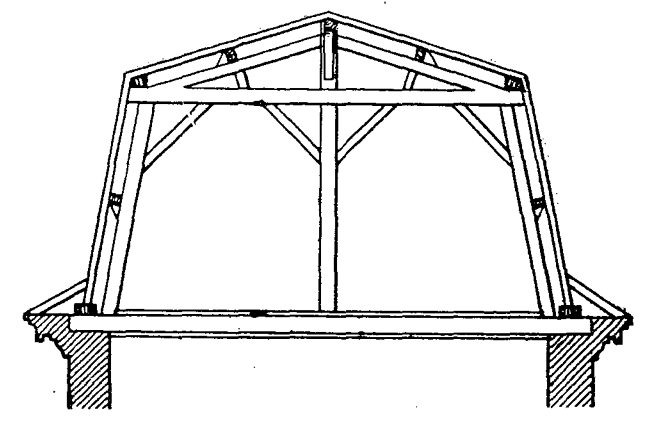


Fig. 784.—Armadura *a la Mansard.*

tas; pero debemos advertir, también, que las habitaciones que se obtienen de esta manera son frías y húmedas en invierno y, casi

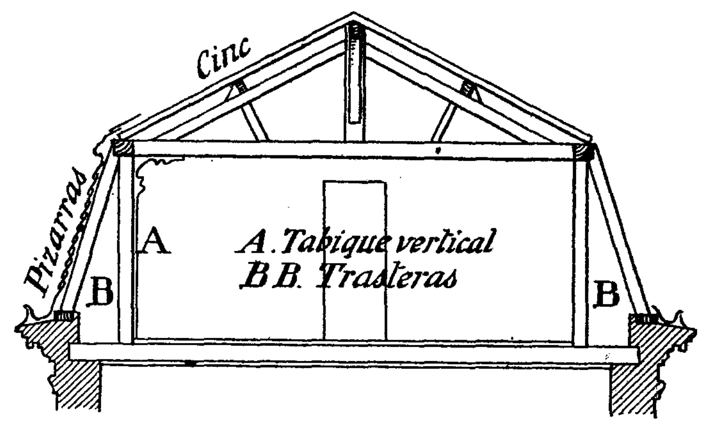


Fig. 785.—Armadura *a la Mansard.*

siempre, de un calor insoportable en verano. En las figuras 785 y 786 damos otros ejemplos de armaduras a la Mansard.

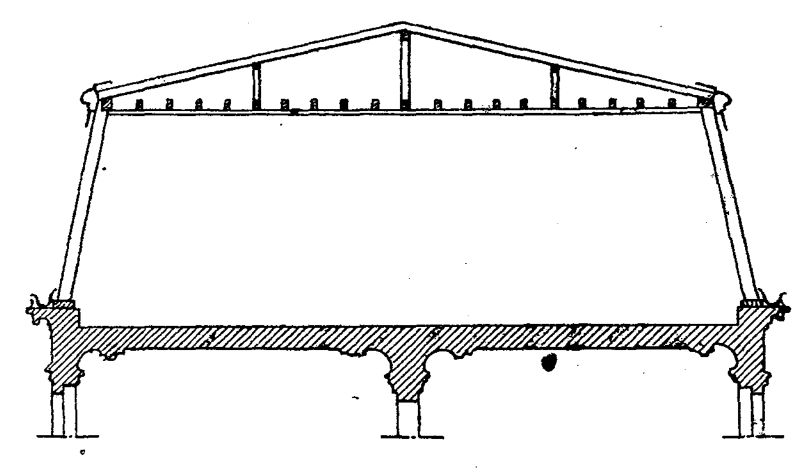
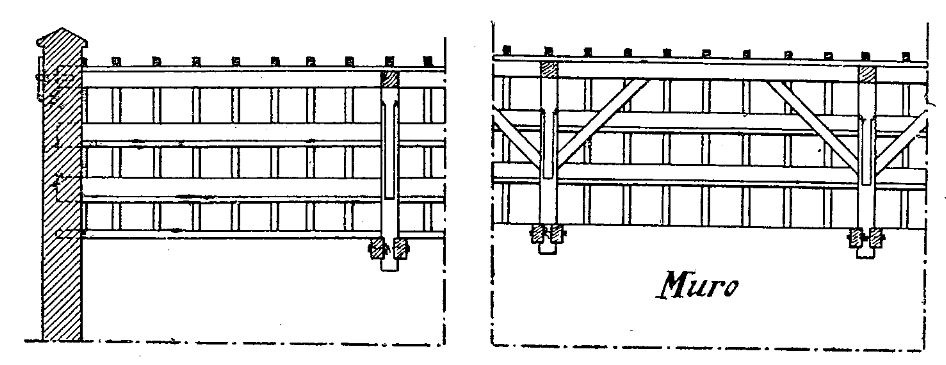


Fig. 786.—Armadura *a la Mansard*, en el caso de muros transversales próximos entre sí.

Arriostramiento de las armaduras.—Ya hemos visto la forma que hay que dar a las cerchas de los diversos tipos de cubiertas, y los

medios empleados para impedir el empuje contra los puntos de apoyo; también se ha dicho que todo el entramado se basa en triangulaciones, pues el triángulo es la única figura indeformable. Ahora sólo nos falta decir algunas palabras acerca del modo como se refuerzan las armaduras en el sentido perpendicular a las mismas.

Se comprende que una cercha sólida, bien construída y apoyada sólo en dos puntos, podría, de todos modos, inclinarse lo mismo en



Figs. 787 y 788.—Medios empleados para arriostrar la cubierta.

un sentido que en el otro por faltarle base, si no se tuviera la precaución de triangular el conjunto en sentido longitudinal, como se ha hecho transversalmente para dar rigidez a la cercha.

El entramado horizontal que se coloca a la altura de los tirantes para arriostrar las cerchas se llama *enrayado*.

Cuando el edificio que va a cubrirse lleva, en las extremidades, muros-piñón sólidos, puede dejar de arriostrarse la cubierta, pues las cerchas se enlazan entre sí por correas que se empotran en los piño-

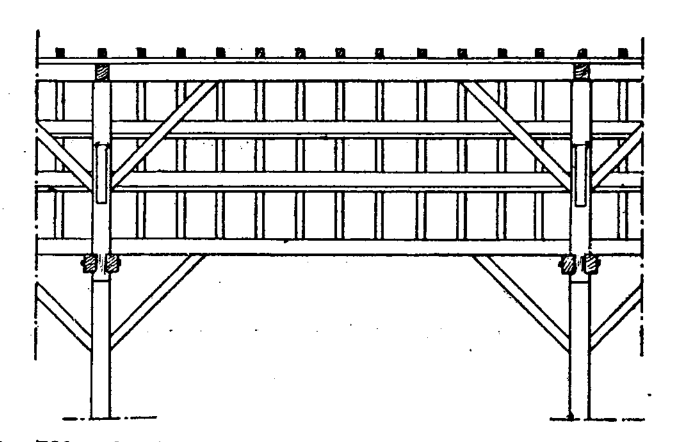
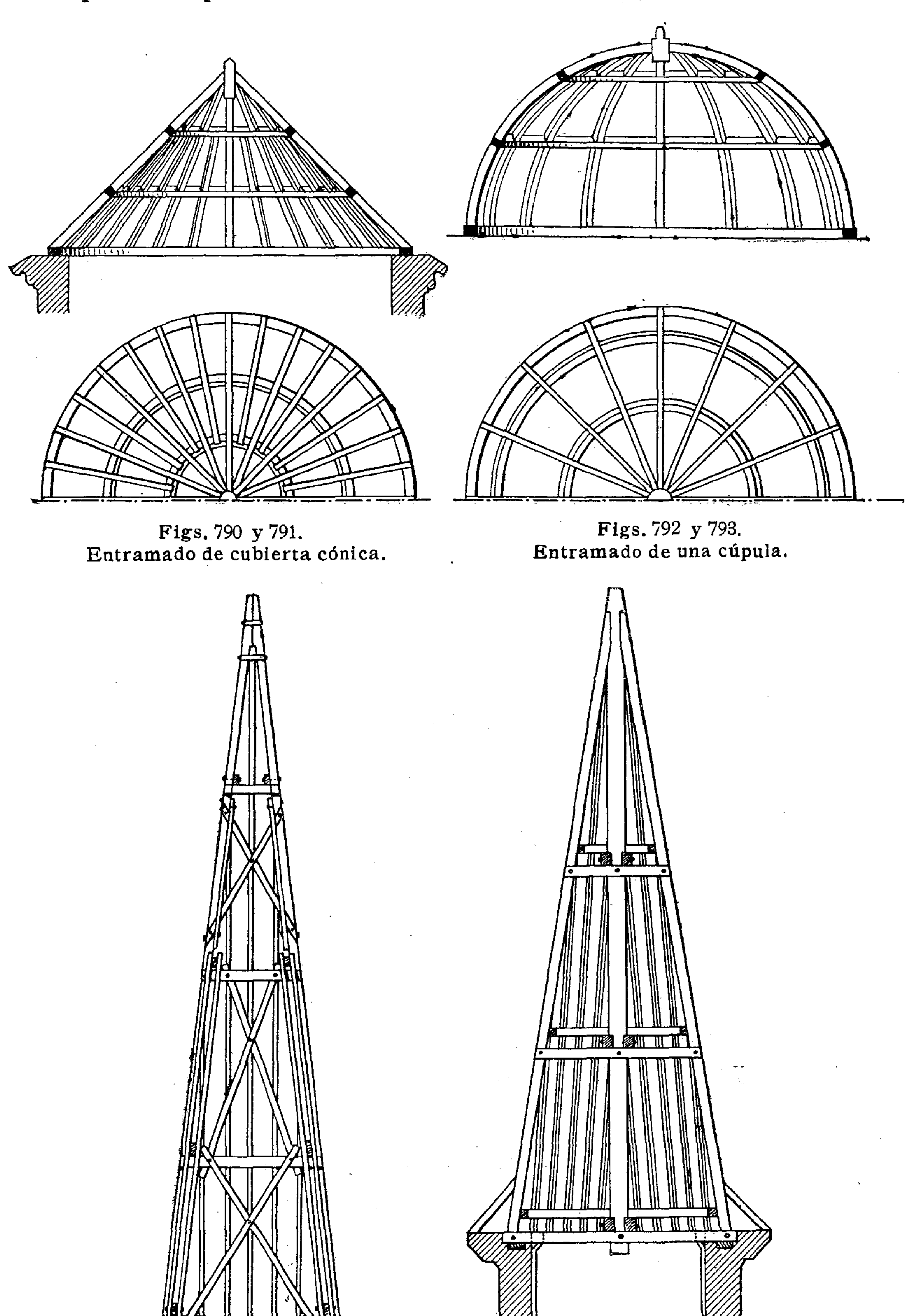


Fig. 789.—Arriostramiento longitudinal de una cubierta.

nes (fig. 787). Cuando la construcción tiene faldones o petos, es decir, que tiene más de dos vertientes, no hace falta el arriostramiento más que si la longitud es considerable. Por último, en el caso más general, de ser el entramado libre, basta disponer tornapuntas de cumbrera, y si la luz es muy grande tornapuntas para las correas. Los pies derechos, si no están arriostrados entre sí por un relleno de fábrica, deben triangularse con la carrera o correa más baja (figs. 788 y 789).

Armaduras para cúpulas.—En estas armaduras, el tirante puede reemplazarse por un tensor circular o corona, al cual refieren el



Figs. 790 y 791. Entramado de cubierta cónica.

Figs. 792 y 793. Entramado de una cúpula.

Figs. 794 y 795.—Flechas de campanario.

empuje los elementos de la armadura, y por esto también se equilibran entre sí (figs. 790 a 793).

Flechas de campanario.—Las armaduras de campanarios se hacían por medio de entramados compuestos de cruces de San Andrés (fig. 794), o bien con un pendolón central o *nabo* (fig. 795).

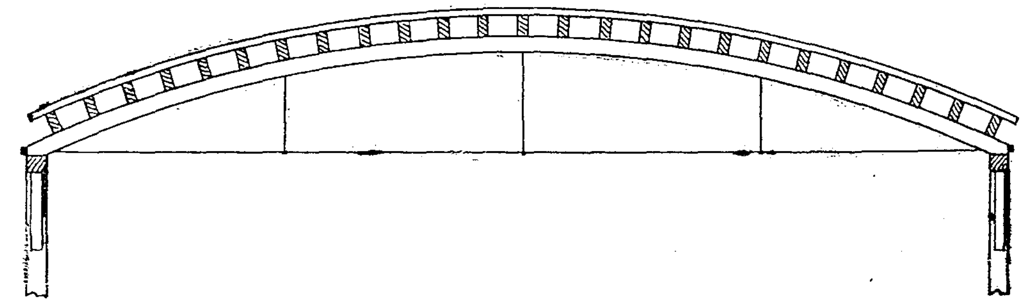


Fig. 796.—Cobertizo *Pombla* de madera y hierro.

Tinglados económicos.—Los cobertizos Pombla representan un tipo perfectamente caracterizado. Son mixtos de madera y hierro, y

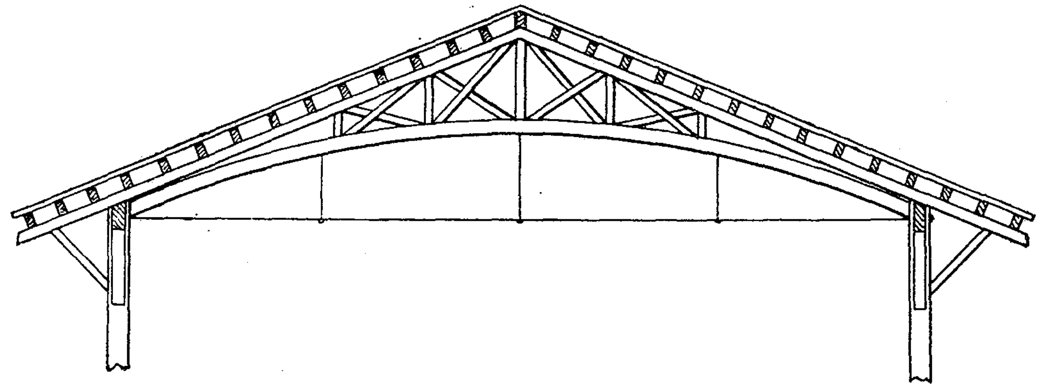


Fig. 797.—Tinglado *Pombla* de madera y hierro.

los materiales están empleados de la manera más racional (fig. 796).

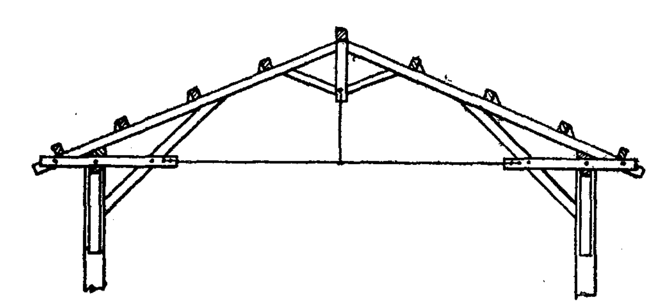


Fig. 798.—Armadura económica de madera y hierro.

Las figuras 797, 798 y 799 representan diferentes sistemas; en todos

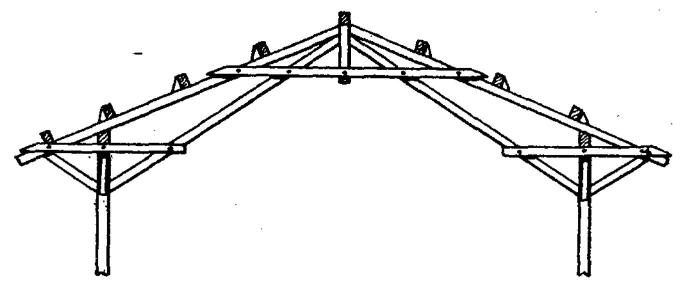


Fig. 799.—Armadura económica.

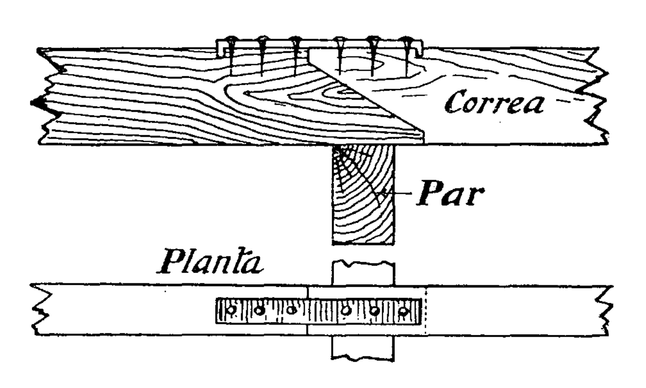
ellos el tirante, que trabaja por tracción, y lo mismo las péndolas, son de hierro.

Escuadría de las piezas de las armaduras

DESIGNACIÓN DE LAS PIEZAS	CERCHA SENCILLA Luz		CERCHA CON PUENTE Luz		CERCHA CON PUENTE Y PUNTAL Luz		ARMADURAS A LA MANSARD Luz	
	6,00 m	12,00 m	6,00 m	12,00 m	6,00 m	12,00 m	6,00 m	12,00 m
Tirante sin carga de piso	27 × 24	40 × 36	—	—	—	—	—	—
Tirante sosteniendo un piso	32 × 27	47 × 37	43 × 20	63 × 45	42 × 30	63 × 45	42 × 30	63 × 45
Puente	—	—	21 × 19	33 × 30	21 × 19	33 × 30	23 × 20	36 × 33
Puntal	—	—	—	—	24 × 19	35 × 30	22 × 20	34 × 33
Pares	22 × 19	32 × 30	22 × 19	32 × 30	18 × 15	27 × 22	20 × 18	30 × 28
Pendolón	19 × 19	30 × 30	19 × 19	30 × 30	15 × 15	22 × 22	18 × 18	28 × 28
Tornapuntas y pilarejos	16 × 16	21 × 21	15 × 15	22 × 22	14 × 14	18 × 18	14 × 14	18 × 18
Jabalcones	—	—	19 × 15	30 × 22	19 × 15	30 × 22	20 × 13	33 × 22
Hilera	19 × 19	22 × 19	19 × 16	22 × 19	19 × 16	22 × 19	19 × 16	22 × 19
Tornapuntas de cumbrera	15 × 15	17 × 17	15 × 15	17 × 17	15 × 15	17 × 17	15 × 15	17 × 17
Correas, tacos, ejiones	19 × 19	22 × 22	19 × 19	22 × 22	19 × 19	22 × 22	19 × 19	22 × 22
Riostras	—	—	—	—	19 × 19	22 × 22	20 × 20	23 × 23
Carreras	12 × 23	16 × 28	12 × 23	16 × 28	12 × 23	16 × 28	12 × 23	16 × 28
Nudillos	—	—	—	—	18 × 14	22 × 16	18 × 14	22 × 16
Cabios	9 × 9	11 × 11	9 × 9	11 × 11	9 × 9	11 × 11	9 × 9	11 × 11
Talones	8 × 7	10 × 9	8 × 7	10 × 9	8 × 7	10 × 9	8 × 7	10 × 9
Listones	16 × 3	20 × 5	18 × 3	20 × 5	16 × 3	20 × 5	16 × 3	20 × 5

Las dimensiones están expresadas **en centímetros.** El primer número indica la altura y el segundo el ancho; las cifras indican, pues, si las piezas han de colocarse de plano o de canto.

Herrajes de las armaduras de madera.—Son extremadamente sencillos; se componen: de bridas planas de hierro con talones (figuras 800 y 801) que sirven para ensamblar las correas entre sí y de pernos con arandelas (fig. 802). Las arandelas tienen por objeto impedir que las cabezas de los pernos penetren en la madera



Figs. 800 y 801. — Brida plana con talones.

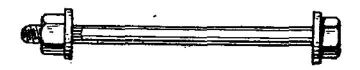


Fig. 802.—Perno con arandelas y tuerca.

y repartir la presión sobre una superficie mayor. Se emplean también los estribos, grapas, placas, etc., que hemos mencionado al tratar de los suelos de madera y los herrajes que se verán al estudiar las armaduras mixtas de madera y hierro.

CAPÍTULO VIII

Construcciones metálicas

Suelos de hierro. – Ventajas del hierro en la construcción de suelos.—Secciones diversas de los hierros empleados: hierros planos, carriles viejos; hierros Zorés; hierros en I; hierros en I con ranuras, sistema Chocarne. – Empleo del acero en la construcción de suelos.—Arriostramiento de las viguetas.—Forjados de yesones y yeso.—Forjados de mampostería.—Forjados de ladrillo de yeso.—Forjados de barro cocido: forjados de piezas con huecos transversales; forjados de piezas con huecos longitudinales; forjados de dovelas; forjados de piezas huecas diversas; forjado de bovedillas de ladrillo ordinario; forjados decorativos.—Forjados monolíticos.—Forjado de bovedillas metálicas.—Viguetas gemelas.—Colocación de las viguetas.—Suelos de viguetas ensambladas.—Brochales.—Peso propio de diversos suelos metálicos.
Dinteles metálicos.—Dinteles ordinarios.—Dinteles de mucha luz.
Vigas maestras o jácenas metálicas.—Jácenas de alma llena.—Jácenas de alma calada.—Jácenas de celosía.—Vigas armadas.
Encadenados. - Definición y conveniencia del encadenado.—Encadenado de los sótanos.—Elementos que integran los encadenados: tirantes, uniones, llaves.—Encadenado de linterna.—Encadenados entre los cuerpos de un edificio.—Encadenado de los sillares.
Entramados de hierro.—Consideraciones generales.—Estructura de los entramados de hierro.—Pies derechos sencillos.—Cornijales.—Pies derechos compuestos.—Pies derechos de fundición.—Soleras.—Carreras.—Ensambladura de los pies derechos con la carrera.—Ensambladura de la carrera con el cornijal.—Riostras y tirantes.—Vanos en los entramados de hierro.—Dimensiones de los hierros empleados.—Entramados ligeros.
Escaleras de hierro.—Ventajas.—Trazado de las zancas.—Diferentes secciones de las zancas.—Zancas mixtas de hierro y estuco.—Empalmes de las zancas.—Zancas caladas.—Falsas zancas.—Peldaños; peldaños de hierro y fábrica; peldaños de mármol; peldaños de madera; peldaños mixtos de madera y hierro; peldaños de hierro.—Descansos rectos.—Descansillos.—Descansos oblicuos.—Descansos sobre pies derechos.—Descansos voladizos.—Ensambladuras de las zancas en los descansos.—Barandillas y pasamanos.—Escaleras de fundición.
Armaduras metálicas para cubiertas.—Pendiente de las cubiertas.—Clasificación de las cubiertas.—Estructura de los entramados de cubierta.—Armaduras para cobertizos o cubiertas de tejadillo.—Cubiertas de dos aguas sin armaduras: armaduras con linterna; entramados de cubierta constituídos por vigas; entramados de pares solamente; entramados de cabios, con linterna; cubiertas de chapa ondulada, sin armadura.—Armaduras ordinarias con tirante y pendolón.—Armaduras con puente.—Armaduras poligonales.—Armaduras Polonceau: pares, bielas, estribos, placas, tirantes, templadores; ensambladura de los pares entre sí; ensambladuras de los apoyos o arranques, ensambladuras de las correas con los pares; cajas para cerchas mixtas de madera y hierro; dimensiones de las diferentes piezas que componen las cerchas Polonceau.—Cálculo de las principales piezas de una cercha Polonceau: pares, correas, bielas, tirantes.—Armaduras alemanas.—Armaduras inglesas: dimensiones de las piezas que componen las armaduras inglesas.—Armaduras en dientes de sierra: pares, emsambladuras de los pares entre sí, ensambladuras en los apoyos, correas, tirantes.—Armaduras a la Mansard.—Cerchas curvas sin tirante.—Armaduras para cubiertas de pabellón.—Cúpulas.—Cerchas decorativas.—Armaduras levadizas, corredizas y giratorias.—Arriostramientos de las cerchas.

El papel que desempeña el hierro en las construcciones modernas es muy importante. En la actualidad reemplaza a la madera en casi todos los usos, pues los suelos de madera no se emplean sino muy raramente, y muy pronto se podrá decir lo mismo de las armaduras.

SUELOS DE HIERRO

Ventajas del hierro en la construcción de suelos.—El hierro, además de sus cualidades de resistencia, por el poco espesor que permite dar a los pisos y por su incorruptibilidad, consiente el empotramiento de las viguetas en los muros medianeros, en los cuales, cuando son de madera, no se pueden empotrar más que las vigas maestras que soportan brochales.

Las viguetas de hierro, empleadas en el encadenado general de un edificio, dan una seguridad mucho más grande que las de madera con amarras, porque éstas se carcomen muy pronto y entonces la amarra queda muy comprometida; además, admitiendo que la madera se mantenga sana y, por lo tanto, que conserve toda su resistencia, queda tiempre la posibilidad de que, por efecto de un esfuerzo de tracción lento y considerable, ceda la madera bajo la presión del perno. Entonces, se produce una tensión tanto más intensa cuanto que los muros han comenzado ya a empujar y someten el encadenado a un trabajo excesivo que puede ser fatal para la construcción.

Los suelos de hierro, dispuestos según las exigencias de la planta, se componen, como los de madera, de viguetas, brochales, vigas maestras, etc. Difieren de ellos en la separación mucho mayor de las viguetas, que en los suelos de madera están colocadas a 0,30 ó 0,40 m entre ejes, mientras que en los de hierro la separación de las viguetas (limitada por la altura disponible para espesor del suelo y por la carga que han de soportar) varía de 0,50 a 1,00 m.

Con el empleo del hierro en los suelos, los peligros de incendio han disminuido y el constructor no tiene que preocuparse de las distancias reglamentarias para el paso de los conductos de humos ni de tomar precauciones para los hogares.

Secciones diversas de los hierros empleados.—Aunque en general se emplean los hierros I, también pueden emplearse otros.

Hierros planos.—Los hierros planos colocados de canto (aunque su sección no es tan favorable, para resistir la flexión, como la de los hierros I) pueden emplearse en la construcción de un piso forjado con yesones y yeso o con sillarejos, cuidando de arriostrarlos con tirantes; el forjado impide la flexión lateral de los hierros haciendo que trabajen en las mejores condiciones posibles teniendo en cuenta su forma.

Carriles viejos.—Los carriles de dos cabezas (llamadas doble hongo) o los de cabeza y patín (tipo Vignole) se emplean algunas

veces; si, por las condiciones del mercado, se logra obtener estos hierros a un precio ventajoso, como sucede con los carriles viejos, pueden construirse con ellos muy buenos suelos (fig. 803). Sólo se usan para luces pequeñas o en dinteles, pues aunque su sección es más apropiada que la de los hierros planos, no obstante, teniendo en cuenta su gran peso, resulta desventajosa a causa de su poca altura, que suele ser de 13 cm; es cierto que pueden acoplarse dos carriles uniendo los patines con roblones o tornillos, pero entonces queda en la fibra neutra una gran masa que no trabaja y cuyo peso no sólo es inútil, sino que también carga el suelo.

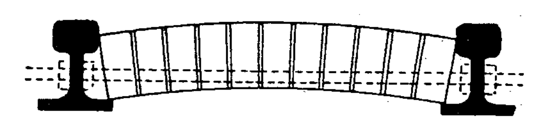
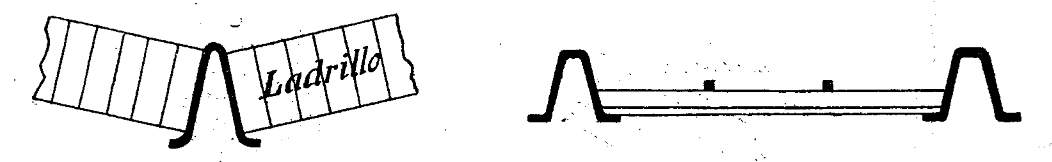


Fig. 803.
Carriles utilizados como viguetas.

HIERROS ZORÉS.—Los hierros ∧ llamados *Zorés*, cuya cabeza y alas son bastante más gruesas que los costados, se prestan sobre todo para sostener bovedillas (fig. 804). Si el forjado del piso ha de ser macizo, se pueden arriostrar las viguetas con hierros ⊥ roblonados en las alas de los hierros Zorés y sobre aquéllos se apoyan las riostras longitudinales (fig. 805). Es un inconveniente el vacío que queda entre las dos alas, pero se puede rellenar roblonando debajo de ellas pequeños hierros transversales, destinados a resistir el empuje del forjado. Las entregas de los hierros Zorés en el muro deben ser de 20 cm, como mínimo.



Figs. 804 y 805.—Viguetas de hierros *Zorés*.

HIERROS EN I.—Los hierros en I—llamados por excelencia «viguetas» y empleados en la construcción de suelos — se dividen en viguetas ordinarias y viguetas de alas anchas (figs. 806 y 807). La parte vertical toma el nombre de *alma* y las horizontales se llaman *alas*. Estas viguetas se colocan con separaciones de 0,50 a 1,00 m, entre ejes, según la clase de construcción; el término medio que más generalmente se emplea varía de 0,70 a 0,75 m. En el capítulo XVII veremos los perfiles correspondientes a todas las cargas.

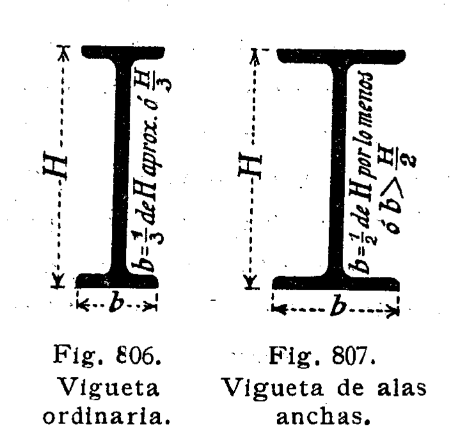


Fig. 806.
Vigueta ordinaria.

Fig. 807.
Vigueta de alas anchas.

HIERROS EN I, CON RANURAS, SISTEMA CHOCARNE. — El inventor se ha propuesto, al crear este nuevo perfil, evitar las grietas

y despegaduras que se producen a menudo debajo de las viguetas, en el techo de las habitaciones. Este perfil es relativamente nuevo, y en 1895 se nos encargó, en nombre de la Sociedad central de arquitectos de Francia, emitir informe acerca de las ventajas que pudiera presentar este nuevo hierro, cuya forma puede verse en la figura 808.

Por su entonces reciente aplicación, nos fué imposible informarnos de nuestros colegas sobre los resultados obtenidos, por lo cual pedimos al concesionario que nos permitiese realizar experimentos destinados a fijar la superioridad que pudiesen tener las viguetas Chocarne con ranuras, desde el punto de vista de la adherencia del

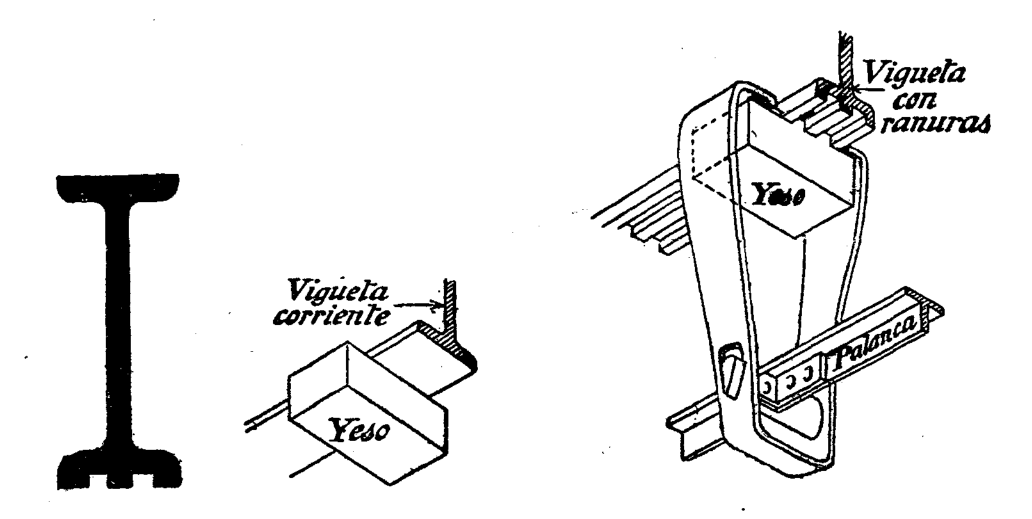


Fig. 808.—Vigueta *Chocarne.*

Figs. 809 y 810. — Detalles de la disposición para ensayar la adherencia del yeso a las viguetas de hierro.

yeso, sobre las ordinarias de ala inferior, lisa, tanto por arranque directo como por flexión de la vigueta.

Para comprobar la adherencia, en el caso de carga directa, hicimos cortar en dos trozos una vigueta Chocarne; después, sobre el ala lisa (fig. 809) de uno de los trozos y sobre el ala con ranuras del otro (fig. 810) vaciamos el yeso en ocho pequeños moldes de unos 60 mm de ancho dejando un saliente a ambos lados para colgar el aparato de ensayo. Para comprobar la despegadura por efecto de la flexión, tomamos dos viguetas, una ordinaria y otra con ranuras, y bordeándolas con dos reglas establecimos sobre toda la longitud una carga de yeso de 3 cm de espesor, sin saliente lateral.

Preparado así el conjunto, se dejó secar el yeso durante quince días, y después se procedió a los ensayos, que dieron los resultados que indica la siguiente tabla:

Núm. de la probeta de yeso	Ancho del ala de la vigueta	Ancho de la probeta de yeso	Area S de contacto entre yeso y hierro	(Véanse las figuras 811 y 812) P	m	n	$R=\frac{Pm}{n}$	$R+10$	Adherencia $=\frac{R+10}{S}$
	mm	mm	cm²	Kg	metros	metros	Kg	Kg	Kg/cm²
				VIGUETA ORDINARIA DE ALA INFERIOR LISA					
1	47	58	27,26	2,50	0,73	0,10	18,250	28,250	1,036
2	47	58	27,26	2,50	0,00	0,10	0,000	10,000	0,366
3	47	66	31,02	2,50	0,83	0,10	20,750	30,750	0,991
4	47	66	31,02	2,50	0,62	0,10	15,500	25,500	0,822
5	47	60	28,20	2,50	0,31	0,10	7,750	17,750	0,631
6	47	56	26,32	2,50	0,34	0,10	8,500	18,500	0,703
7	47	54	25,38	2,50	0,86	0,10	21,500	31,500	1,241
8	47	58	27,26	2,50	0,45	0,10	11,250	21,250	0,778
									6,568
				VIGUETA CHOCARNE CON RANURAS					
1	47	56	26,32	10,50	0,76	0,10	79,800	89,800	3,411
2	47	57	26,79	10,50	0,91	0,10	95,550	105,550	3,939
3	47	60	28,20	10,50	1,08	0,10	113,400	123,400	4,396
4	47	66	31,02	10,50	1,14	0,10	119,700	129,700	4,180
5	47	57	26,79	10,50	1,10	0,10	115,500	125,500	4,684
6	47	57	26,79	10,50	1,17	0,10	122,850	132,850	4,964
7	47	52	24,44	10,50	0,86	0,10	90,300	100,300	4,103
8	47	57	26,79	10,50	1,05	0,10	110,250	120,250	4,488
									34,165

En estos ensayos no nos preocupamos más que de la adherencia relativa del yeso sobre los dos tipos de perfiles, no de su resistencia

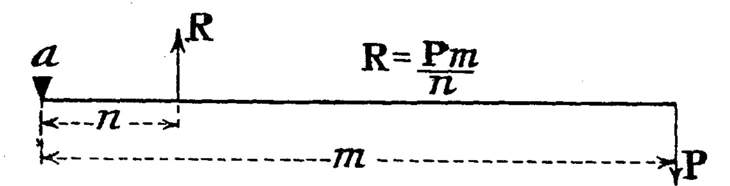


Fig. 811.—Esquema de la palanca para ensayar la adherencia del yeso a las viguetas.

propia que, desde luego, puede variar con la naturaleza del yeso, su procedencia, grano, amasado, etc.

El aparato empleado era una palanca de segundo género (figuras 811 y 812), es decir, con la resistencia colocada entre la potencia y el punto de apoyo; su peso era de diez kilogramos.

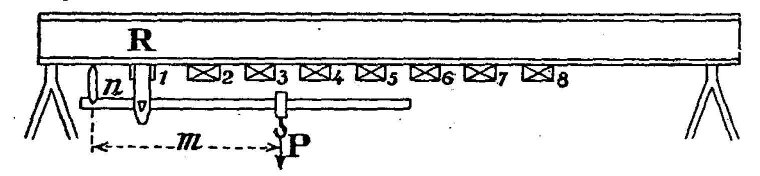


Fig. 812.—Conjunto de la disposición para ensayar la adherencia del yeso a las viguetas.

Si comparamos ahora los resultados obtenidos en las dos series de experimentos, encontramos los promedios siguientes:

Vigueta ordinaria $\frac{6{,}568 \text{ Kg}}{8} = 0{,}821$ Kg por centímetro cuadrado de superficie adherida.

Vigueta con ranuras $\frac{34{,}163 \text{ Kg}}{8} = 4{,}270$ Kg por centímetro cuadrado de superficie adherida.

El coeficiente de adherencia, como se ve, es unas cinco veces más grande en las viguetas con ranuras, debiéndose observar además que en ellas no tuvo lugar el despegamiento completo del yeso, el cual no abandonó las ranuras, pues las probetas se rompían, quedando siempre adherida una porción *A* (fig. 813); ello parece demostrar que no es preciso que las ranuras sean en forma de cola de milano, cosa que desde luego no podría obtenerse por laminado.

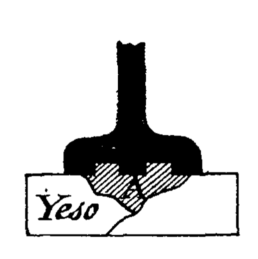


Fig. 813. — Efecto de la tracción directa en el yeso adherido a una vigueta con ranuras.

Para los experimentos de despegadura del yeso en virtud de la flexión y alargamiento consiguiente de la vigueta se procedió del modo siguiente:

Vigueta ordinaria. — La vigueta apoyada en dos puntos distantes 3,91 m, tenía una flecha inicial de 15 mm; cargándola por el centro con un gato, la vigueta se flexó 6 mm y en este momento el yeso se desprendió por completo en una longitud de 2,53 m, pero quedando adherido en los extremos, donde la flexión era insignificante.

Vigueta con ranuras. — La vigueta fué colocada en las mismas condiciones que la precedente, teniendo un flecha inicial de 12 mm. Cargándola en el punto medio mediante un gato, se produjeron: con 10 mm de flexión cuatro fisuras; con 20 mm, cinco fisuras más; con 30 mm, tres nuevas fisuras; con 40 mm, otras cuatro fisuras, en total dieciséis fisuras. Durante esta flexión se hendió el yeso, pero quedó adherido siempre (fig. 814).

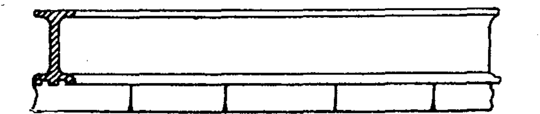


Fig. 814. — Efecto de la flexión en el yeso adherido a una vigueta con ranuras.

Estos experimentos nos convencieron plenamente, no vacilando en aconsejor el empleo de estos hierros, porque su resultado no puede ser más satisfactorio. Efectivamente, su peso por metro es inferior al de las viguetas ordinarias; la resistencia (con menor peso) es mayor por el aumento de altura (125 mm en vez de 120; 145 mm en lugar de 140, etc.) que se obtiene sacando material del alma, que apenas trabaja, y llevándolo al ala para formar las tres ranuras.

Comparando viguetas de las Forges de Maubeuge (que, desde el

doble punto de vista del peso y de la resistencia, son las menos desventajosas) con viguetas Chocarne, se obtiene:

Maubeuge: hierro I $\frac{140 \times 47}{6}$; peso 12,5 Kg/m; momento resistente $\frac{I}{n} = 64{,}902$ cm³; trabajando a 600 Kg/cm², con una luz de cuatro metros, este hierro soportaría una carga total, uniformemente repartida, de 778 kilogramos.

Chocarne: hierro I $\frac{146 \times 47}{5{,}25}$; peso 12 Kg/m; $\frac{I}{n} = 65{,}38$ cm³; trabajando a 600 Kg/cm², con una luz de 4 metros, este hierro soportaría una carga total, uniformemente repartida, de 784 kilogramos.

Ello no quiere decir, desde luego, que el solo empleo de las viguetas con ranuras suprimirá radicalmente las grietas que se producen en los techos.

Las grietas se producen: por la diferencia de elasticidad entre el hierro y el yeso, considerable en el primero, nula en el segundo; por un empotramiento defectuoso que permita el descenso de una vigueta; por la acción de una carga temporal intensa o de un choque concentrado en un punto de una sola vigueta (fig. 815), que al flexarse rompe el yeso siguiendo una o dos líneas paralelas, según que el yeso quede adherido a la vigueta o se desprenda de ella manteniéndose unido a uno de los lados del techo. De todos modos, lo más coriente es que la grieta se debe a insuficiente resistencia de la vigueta, pues ésta se flexa excesivamente para volver luego a su posición normal, en cuyas deformaciones el yeso no la puede seguir y se agrieta.

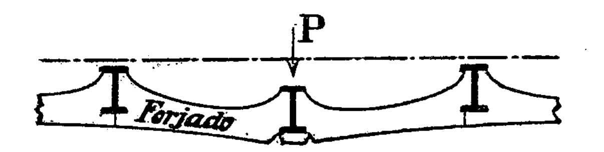


Fig. 815.—Efecto de una carga concentrada sobre los yesos del forjado.

Las viguetas con ranuras retrasan la producción de grietas, pero no se evitarán del todo las fisuras, sino dando a los hierros una sección proporcionada a las cargas y sobrecargas que han de soportar.

Empleo del acero en la construcción de suelos. — El empleo del acero, cuya resistencia es mayor que la del hierro, parece presentar a primera vista algunas ventajas, desde el punto de vista económico. En efecto, mientras se hace trabajar corrientemente el hierro a 8 Kg/mm², con el acero se llega a 10 y 12 Kg/mm², lo que proporciona una economía de material y de dinero, pues la diferencia entre los precios del hierro y del acero es relativamente pequeña.

Pero si se considera la diferencia que existe entre las facultades de elasticidad del hierro y del acero, se llega a la conclusión de que, empleando este último en el entramado de un piso, con un coeficiente

de trabajo superior al que se impondría al hierro, pueden sufrirse graves equivocaciones en ciertos casos.

Efectivamente, si en un suelo forjado y techado sobre viguetas de acero, imponemos al metal un trabajo de 12 Kg/mm², verbigracia, se producirá, bajo una carga accidental, una flecha temporal considerable, el techo se flexará, naturalmente, con la vigueta y se levantará con ella después que haya desaparecido la carga que produjo la flexión, pero, durante esta depresión, se henderá en toda o parte de la longitud de la vigueta y el yeso que recubre el metal se despegará y caerá dejando el acero descubierto.

Por estas razones, creemos que no debe emplearse el acero en un suelo forjado sino adoptando el mismo coeficiente de trabajo que para el hierro. Con ello se obtendrá un aumento de rigidez que impedirá la aparición de grietas en los techos.

Arriostramiento de las viguetas.—El arriostramiento se hace de distintas maneras, según el sistema de forjado que rellene el espacio entre las viguetas, y algunas veces no existe, en el caso de bovedillas, por ejemplo; a continuación examinaremos los principales casos.

Forjados de yesones y yeso. — Es de empleo corriente; la separación de las viguetas es de unos 0,75 m y estas últimas se unen, de metro en metro, por riostras de hierro cuadrado de 14 a 16 mm *(cuadradillos)* con los extremos forjados en forma de gancho para fijarlos sobre las viguetas. Las riostras sostienen ordinariamente dos o tres cuadradillos longitudinales de 7 a 11 mm de grueso colocados paralelamente a las viguetas y cuya máxima separación no debe pasar de 20 cm; estos hierros longitudinales no trabajan sino como *ligazón* del forjado, pues el yeso agarra muy bien sobre sus caras rugosas, cuya superficie oxidada es también favorable para la adherencia (fig. 816).

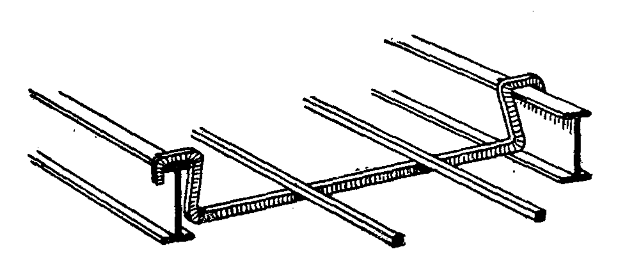


Fig. 816. — Arriostramiento de las viguetas, en los forjados de yesones y yeso.

El forjado de yesones y yeso se hace colocando, debajo de las viguetas, un piso provisional de tablas de andamiaje que se sostienen con postes verticales; se echa yeso entre las viguetas mezclándole yesones exentos de hollín, y después

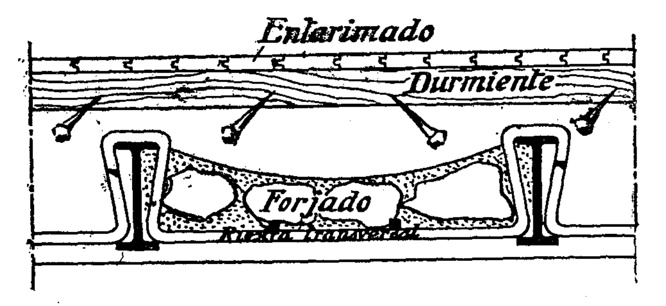


Fig. 817. — Sección de un suelo con forjado de yesones y yeso.

otra capa de yeso a la que se da con la llana la forma de bovedilla invertida, como se ve en la figura 817.

La dilatación que se produce al secarse el yeso es de tal naturaleza que los mismos muros frontones se moverían por este empuje

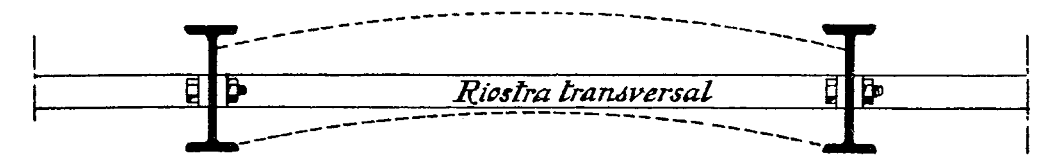


Fig. 818. — Arriostramiento de las viguetas, con flejes sujetos al alma por tornillos.

lento; para evitar este inconveniente tan grave, se deja sin terminar el forjado del último tramo, contiguo al muro, hasta que ha fraguado toda la masa. El empuje que produce la pequeña cantidad de yeso del relleno es despreciable.



Fig. 819. — Arriostramiento con cuadradillos, simplemente apoyados en las alas de las viguetas.

Cuando el suelo ha de sostener un piso de baldosas, el forjado no se dispone en su parte superior en forma de bovedilla invertida, sino que se enrasa con las viguetas y entonces se llama *forjado macizo.*

El arriostramiento puede hacerse también con hierros planos, sujetos al alma con tornillos (fig. 818); con hierros cuadrados, sencillamente apoyados en las alas de las viguetas, procedimiento sólo adoptado cuando se emplean perfiles de alas anchas (fig. 819); con hierros I pequeños, ensamblados con L a las viguetas; con hierros planos acodillados en sus extremos para formar gancho.



Fig. 820. — Arriostramiento de las viguetas con pernos (sección transversal).

Forjados de mampostería.—Los suelos forjados con mortero se hacen casi siempre macizos; se emplean, sobre todo, en el piso bajo donde suele haber embaldosado o pavimento de cemento. El arriostramiento puede efectuarse como para el forjado anterior, pero lo más frecuente es emplear pernos, colocados de metro en metro (fig. 820), sobre los

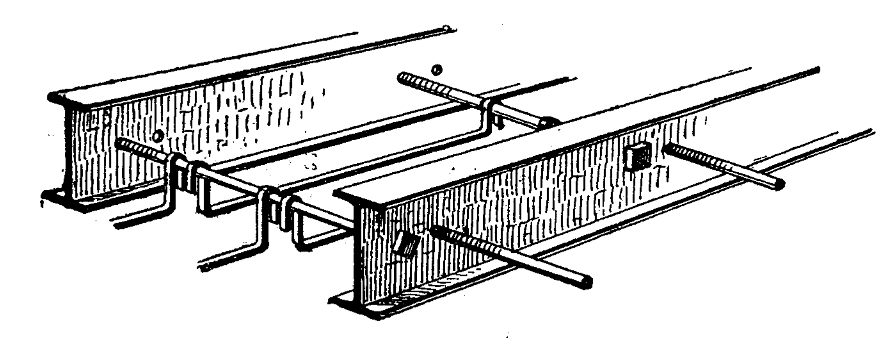


Fig. 821. — Arriostramiento de las viguetas con pernos (visto en perspectiva).

cuales se pueden colocar, cuando sea necesario, riostras longitudinales rectas o con ganchos (fig. 821). Empleando pernos no hay que tener en cuenta el entumecimiento del yeso, puesto que el empuje de éste se traduce en una tensión de los pernos sin que pueda variar la separación de las viguetas. La cimbra para el forjado de mortero se hace del mismo modo que para el de yeso y yesones, es decir, que se colocan debajo de las viguetas, tablones de andamiaje sobre los cuales se construye una mampostería horizontal con ripio de piedra dura, empleando mortero de cal hidráulica con algo de cemento. El forjado de mortero tiene el inconveniente de que fragua mucho más lentamente que el de yeso, pero en cambio es mucho más refractario a la humedad y no tiene un entumecimiento tan peligroso como el de yeso.

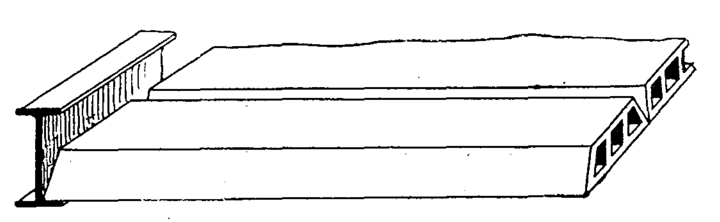


Fig. 822. — Forjado *Perrière.*

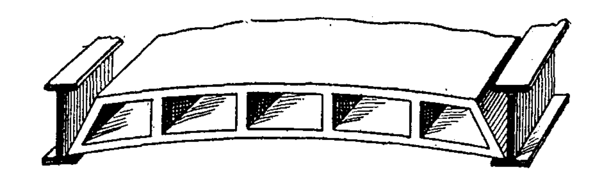


Fig. 823. — Forjado *Perrière.*

Forjados de ladrillo de yeso.—Los forjados con ladrillos de yeso se hacen huecos y, por consiguiente, son más ligeros que los de yesones y yeso; los huecos ocupan un 30 ó 40 °/₀ del volumen. A veces, se construyen de tal modo que queda aislada el ala inferior de la vigueta, para que ésta pueda dilatarse libremente.

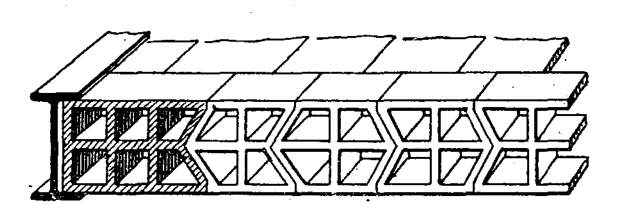


Fig. 824. — Forjado *Verdier.*

Forjados de barro cocido. — Este procedimiento ofrece muchas variedades; las principales disposiciones son las siguientes:

FORJADOS DE PIEZAS CON HUECOS TRANSVERSALES.—Este procedimiento, del que es ejemplo el sistema Perrière, emplea grandes piezas huecas, de longitud igual a la separación entre viguetas (fig. 822) y de unos ocho centímetros de altura; las caras por donde se juntan las piezas son inclinadas para que penetre el mortero.

FORJADOS DE PIEZAS CON HUECOS LONGITUDINALES.—Estas pueden ser arqueadas, como en el sistema Perrière (fig. 823), o rectas.

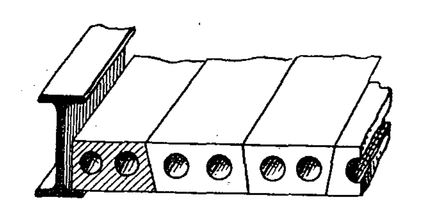
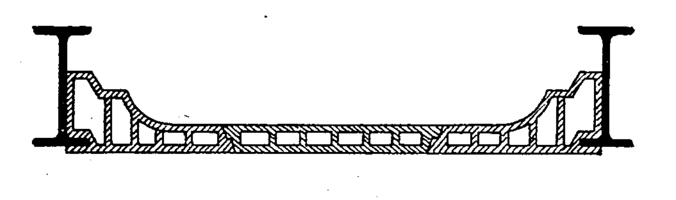
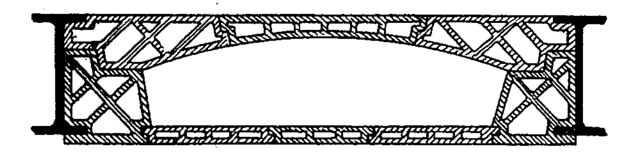


Fig. 825.—Forjado *Carteaux.*

FORJADOS DE DOVELAS. — Constituyen buenos ejemplos de este tipo, que se presta a muchas variaciones, los sistemas Verdier, representado en la figura 824, y Carteaux que muestra la 825.

FORJADOS DE PIEZAS HUECAS DIVERSAS.—Este grupo comprende, en realidad, todos los sistemas que no pueden incluirse en otro. A él corresponden los forjados Mantel et Bosc que pueden ser sencillos de tres piezas (como indica la figura 826) o dobles, de ocho piezas, formando suelo y cielorraso según muestra la figura 827. En ambos el ala inferior de las viguetas queda oculta por las piezas de forjado, lo que produce un aislamiento del hierro y del yeso con que se enluce el techo, permitiendo dar muy poco espesor al enlucido sin que sean de temer las manchas de oxidación que se producen, algunas veces, cuando aquél tiene poco espesor debajo de las viguetas.





Figs. 826 y 827. — Forjados *Mantel et Bosc.*

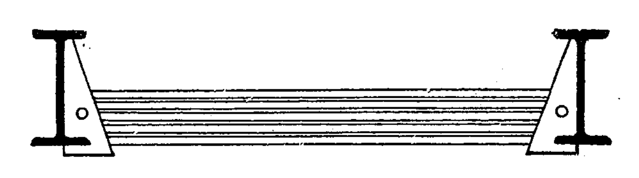


Fig. 828.—Forjado *Rougeault et Cie.*

El forjado Rougeault et Cie. está constituído (figura 828) por piezas de barro cocido de sección triangular, que ocultan toda la superficie de las viguetas situada debajo del ala superior, y por piezas transversales que descansan en las primeras.

Citaremos, por último, el sistema Müller, de piezas arqueadas



Fig. 829.—Forjado *Müller.*

(figura 829) y el de piezas rectas del mismo fabricante (figura 830).

FORJADO DE BOVEDILLAS DE LADRILLO ORDINARIO.—Esta clase de forjados es muy usada en los puentes, suelos de fábricas y, en



Fig. 830.—Forjado *Müller.*

general, dondequiera que haya que soportar cargas considerables; ya hemos dicho que los hierros Zorés se prestan para esta clase de suelos, pero se fabrican también ladrillos aplantillados

llamados *salmeres,* que se adaptan al hierro I y reciben el empuje (figura 831).

Estos forjados se hacen también con ladrillo ordinario hueco

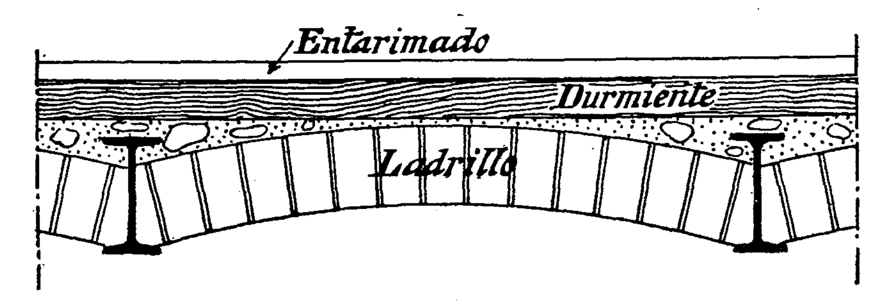
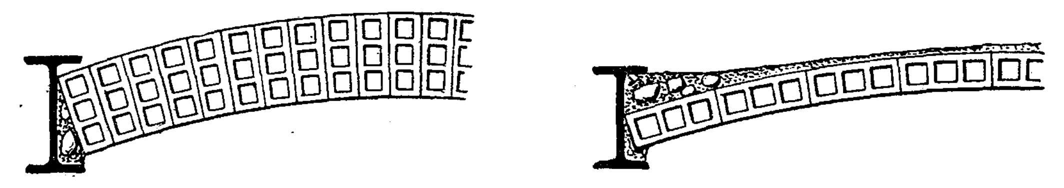


Fig. 831. — Bovedillas de ladrillo ordinario macizo.

dispuestos con los huecos horizontalmente. El espesor varía con la clase de suelo que se quiere obtener; se tomará, por lo tanto,



Figs. 832 y 833.—Bovedillas de ladrillo hueco.

la forma de ladrillo que más convenga en cada caso particular (figuras 832 y 833).

FORJADOS DECORATIVOS. — Se puede, de un modo relativamente económico, obtener techos decorativos con tableros de barro cocido (fig. 834) formando artesones. Estos tableros pue-

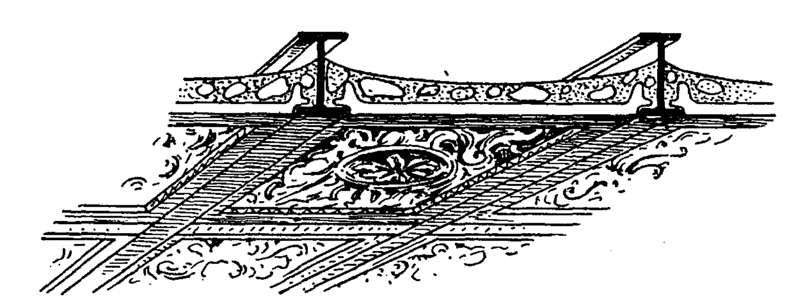


Fig. 834. — Forjado de piezas de barro cocido decoradas.

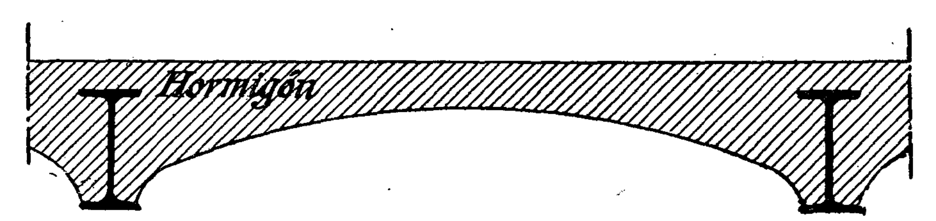
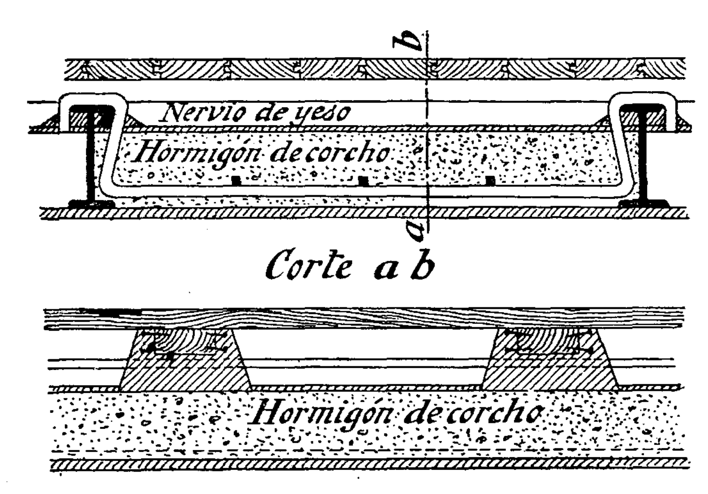


Fig. 835. — Bovedillas de hormigón de gravilla.

den ser de poco peso porque es muy sencillo reforzarlos con una o varias nervaduras; también puede darse al tablero la forma arqueada.

Forjados monolíticos.—Se llaman así los forjados que se moldean en el lugar de la obra, de una sola pieza, los cuales se prestan a cualquier forma.

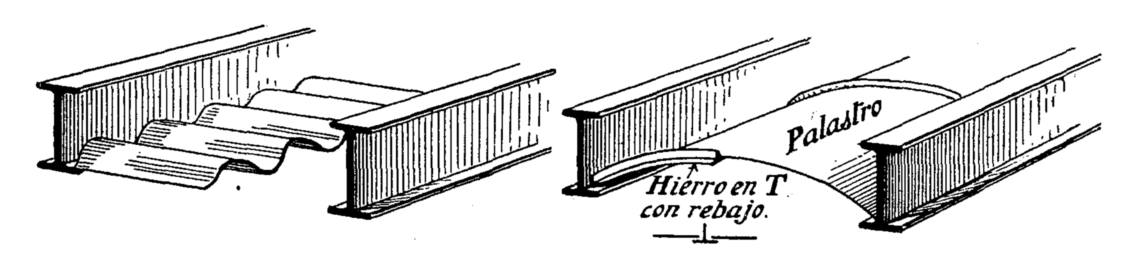
Con hormigón se hacen excelentes suelos monolíticos muy resistentes; en los edificios industriales, con un simple enlucido de cemento se evita el entarimado (figura 835).



Figs. 836 y 837.—Forjados de hormigón de corcho.

Substituyendo, con el corcho pulverizado, la gravilla en la confección del hormigón, se obtiene un suelo más ligero y suficientemente insonoro (figs. 836 y 837). Puede aglomerarse el corcho con cal, sin agregar arena para que no aumente el peso.

Forjado de bovedillas metálicas. — Esta clase de bovedillas no necesitan cimbra; se construyen con un palastro ondulado (fig. 838),



Figs. 838 y 839. — Bovedillas metálicas.

con un palastro arqueado colocado en la ranura de un hierro en ⊥ (figura 839) o sencillamente con un palastro acodado y apoyado también sobre un hierro en T (fig. 840).

Se puede hacer también un forjado decorativo muy sólido empleando paneles de fundición formando artesones como los de barro cocido, pero aquéllos presentan una solidez mucho mayor.

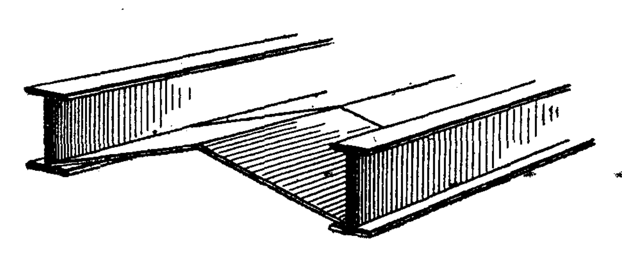


Fig. 840. — Bovedilla metálica.

Las bovedillas metálicas son muy convenientes sobre todo para forjados pesados de hormigón, de mortero o de yeso, que de este modo tienen todo el tiempo necesario para fraguar, puesto que la cimbra constituída por la bovedilla metálica queda permanente.

Viguetas gemelas. — Cuando se construye un tabique en el mismo sentido de las viguetas, se colocan debajo dos viguetas yuxtapuestas (fig. 841) constituyendo una vigueta gemela.

Colocación de las viguetas. — Hemos dicho anteriormente que las viguetas deben tener por lo menos una entrega, en los muros, de

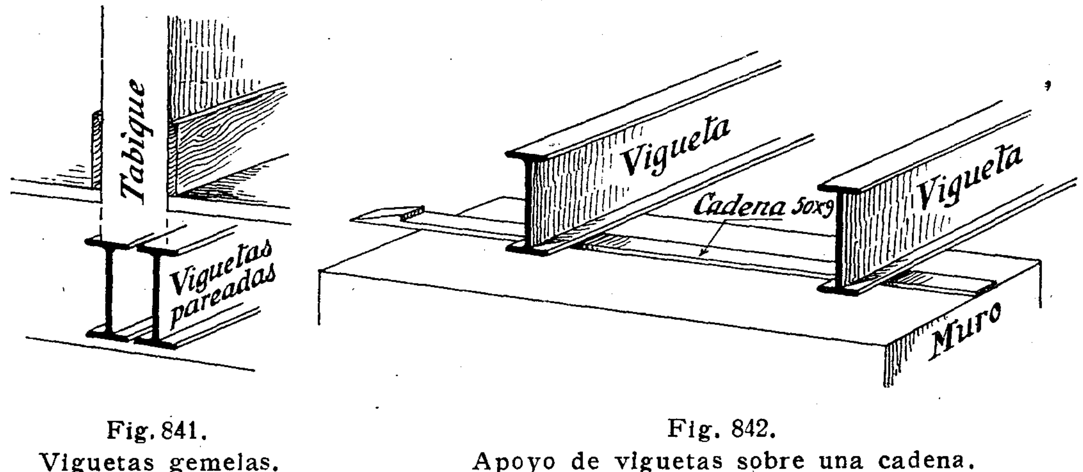


Fig. 841. Viguetas gemelas.

Fig. 842. Apoyo de viguetas sobre una cadena.

20 cm, y debemos agregar que, en una obra bien hecha, cada vigueta debe apoyarse en una placa de palastro para que reparta la presión

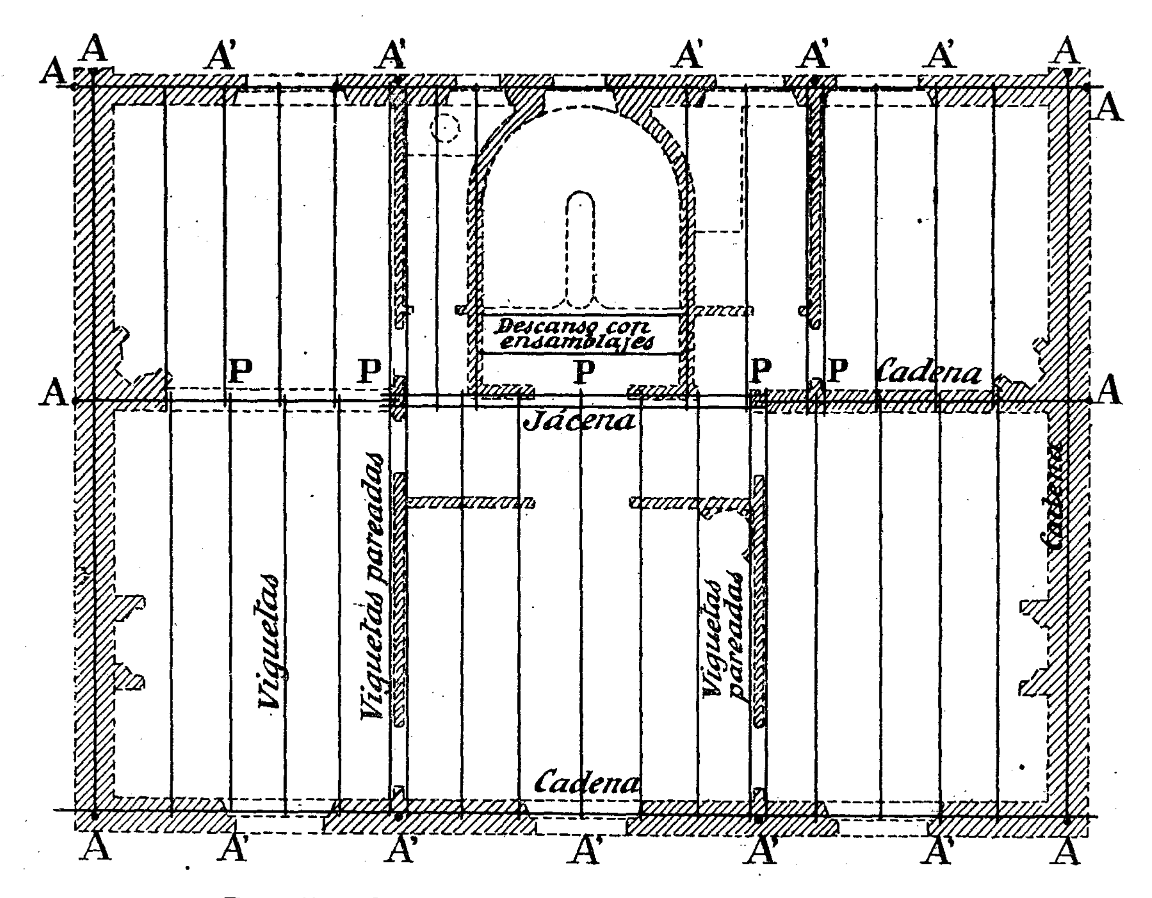


Fig. 843. — Conjunto del entramado de un suelo metálico.

sobre una gran superficie; sin embargo, casi siempre se puede obtener un resultado bueno y económico apoyando simplemente las

viguetas sobre la *cadena* previamente colocada; pues, así, los hierros tienen un buen apoyo, y la cadena cargada trabaja en mejores condiciones (fig. 842).

Veamos, como ejemplo, el conjunto de un suelo construído en las condiciones que acabamos de exponer y representado en la figura 843: se trata de un suelo sencillo, es decir, que las viguetas no

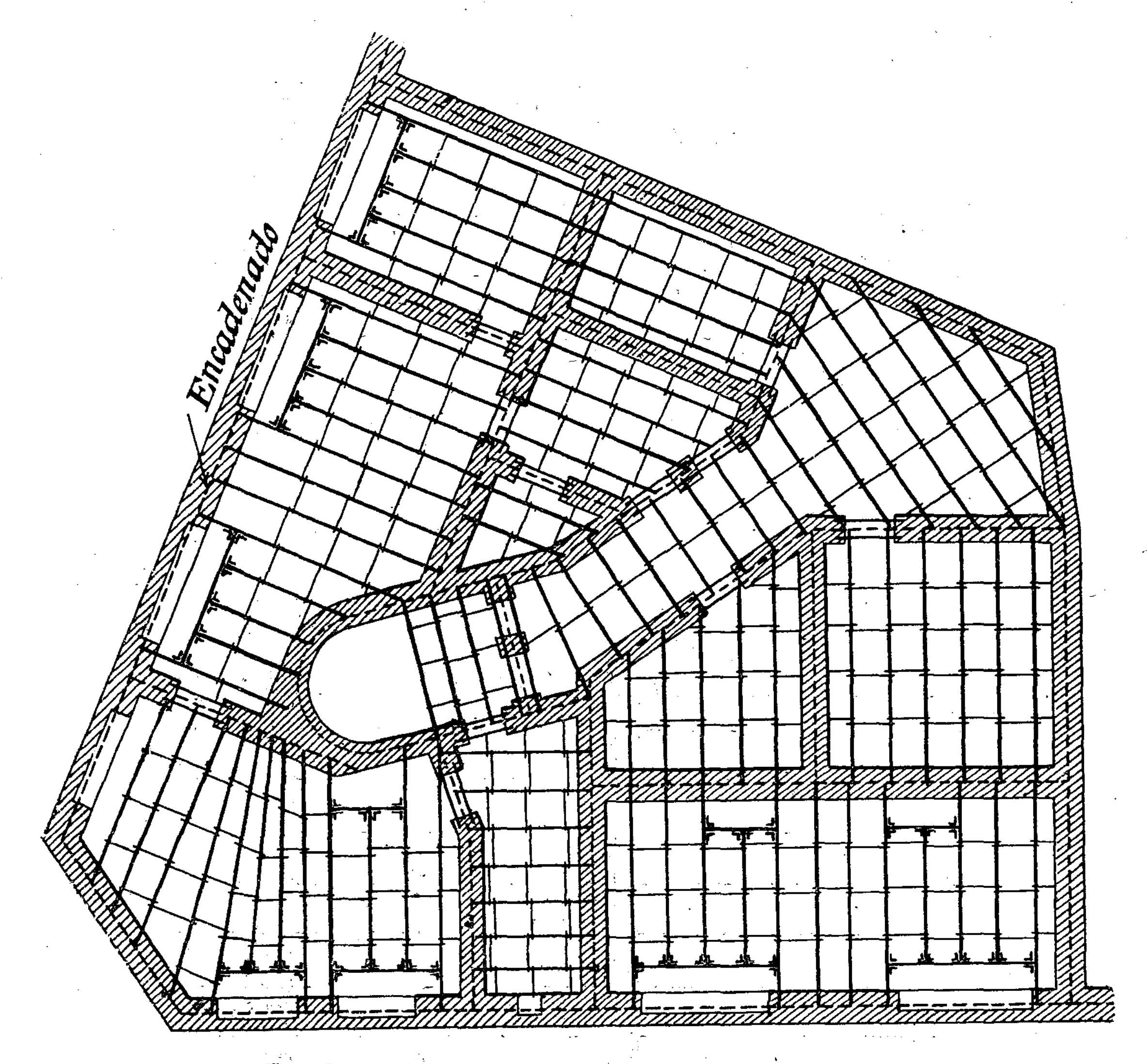


Fig. 844. — Suelo de una casa de planta irregular.

están ensambladas (menos en la caja de la escalera), descansando sobre el encadenado.

La figura muestra el encadenado propiamente dicho, cuyas amarras o *llaves* se indican en *A*. Este encadenado se completa ensamblando entre sí, por placas *P (eclisas),* algunas viguetas cuyas amarras se indican con la letra *A'*.

Según la disposición de la planta, los suelos son a veces más complicados: las viguetas tienen direcciones diversas y en ocasiones tienen disposición convergente como se ve en el ángulo izquierdo inferior de la figura 844. Este suelo corresponde al techo de un sótano. Para obtener el máximo de iluminación, se han dispuesto brochales a una gran distancia de los muros, para que

durante el día penetre la luz en el sótano, por grandes aberturas que se encuentran colocadas debajo de los escaparates de las tiendas.

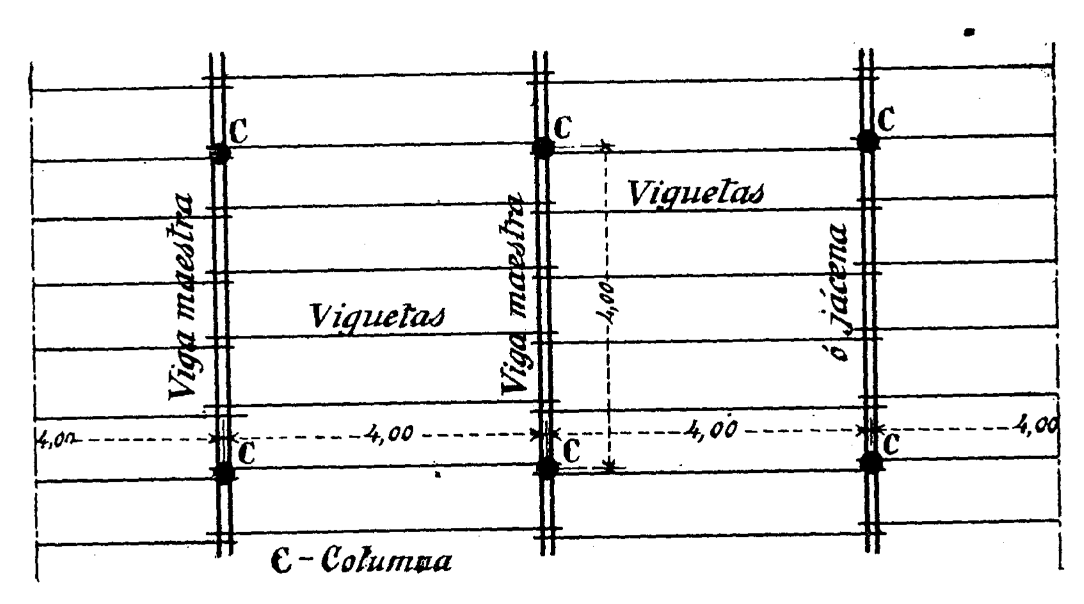


Fig. 845. — Entramado del techo de un almacén (columnas, vigas maestras y viguetas).

En los grandes espacios sin muros, se colocan las viguetas sobre vigas maestras o jácenas, y cuando los puntos de apoyo no

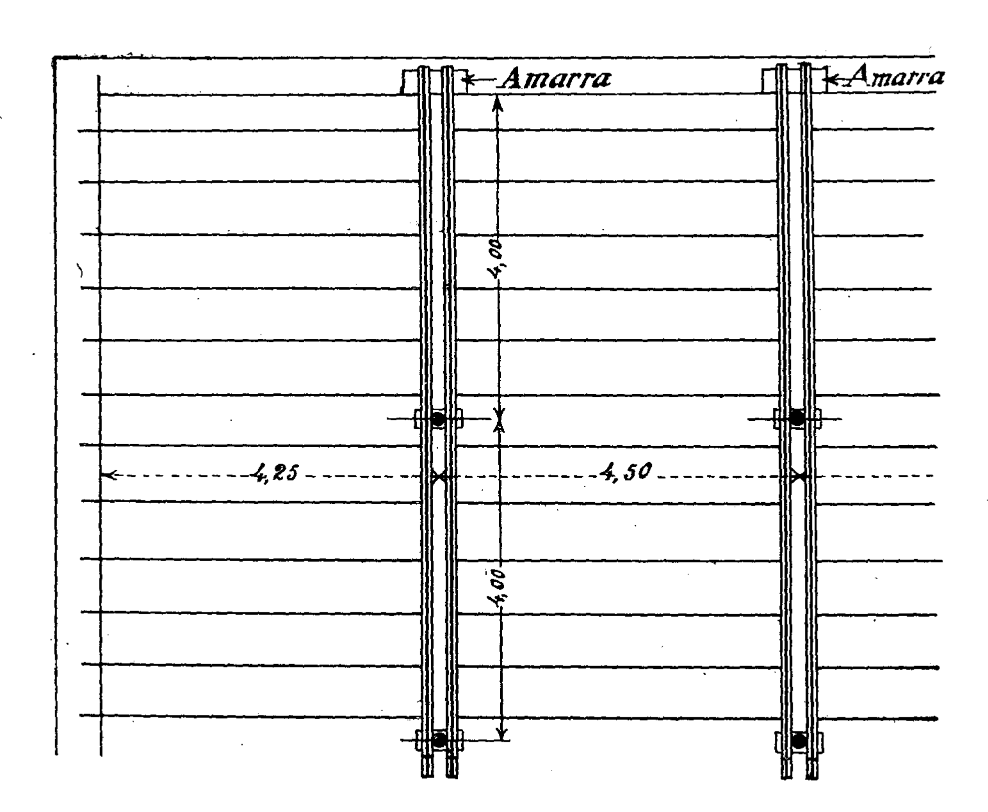


Fig. 846. — Suelo de viguetas ensambladas.

constituyen un inconveniente grave, éstas descansan sobre columnas (fig. 845).

La longitud apoyada de las viguetas, cuando descansan sobre vigas maestras de metal, puede reducirse considerablemente, pues

no es de temer el descenso del apoyo como ocurre por aplastamiento de la fábrica. El encadenado está constituído, enteramente, por las

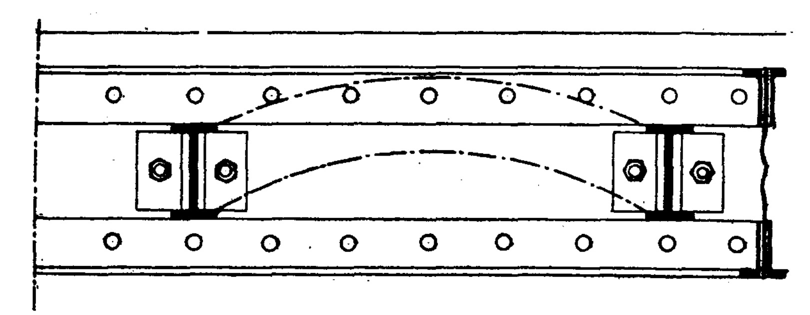


Fig. 847.—Viguetas ensambladas a la viga maestra: caso de bovedillas con solado de cemento.

vigas y viguetas en los dos sentidos, menos en los muros, donde está formado por hierros planos, como se hace ordinariamente.

Suelos de viguetas ensambladas.—Los suelos ensamblados difieren de los precedentes en que las viguetas, en vez de apoyarse sobre

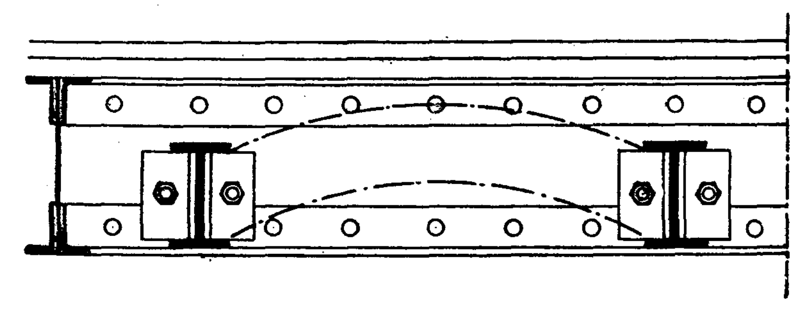


Fig. 848. — Ensambladura de las viguetas con la viga maestra: caso de bovedillas con piso de entarimado.

los muros divisorios o sobre las vigas maestras, se ensamblan en éstas por medio de escuadras; estos suelos son, naturalmente, más rígidos que los sencillos (fig. 846).

Cuando el suelo tenga forjado de bovedillas, se deberán disponer las viguetas de manera que el trasdós no rebase de la jácena (fig. 847);

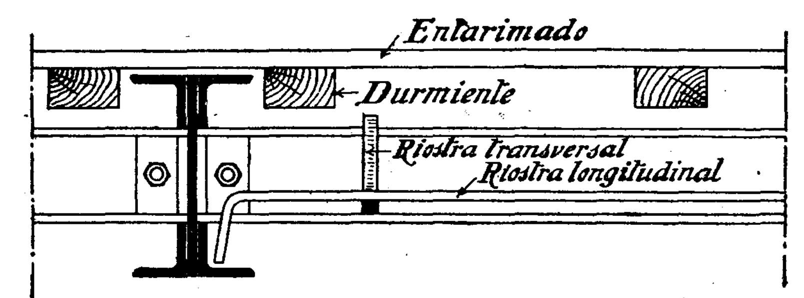


Fig. 849. — Ensambladura de las viguetas con la viga maestra: caso de un forjado de yesones con piso de entarimado.

nos referimos, naturalmente, al caso en que el piso sea un solado de hormigón o de cemento que deba cubrir también la viga.

Si hay que colocar un entarimado que descanse directamente sobre la cabeza de la jácena, el trasdós de las bovedillas se dejará 5 cm más bajo que la cabeza superior, a fin de que haya sitio para la colocación de los durmientes, dispuestos transversalmente sobre las viguetas y en el sentido longitudinal de la viga (fig. 848).

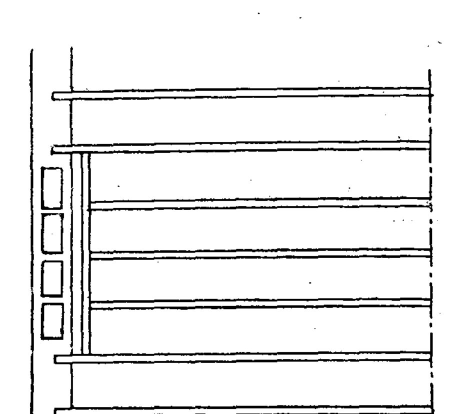


Fig. 850. — Brochal.

Si, por último, el suelo tiene forjado de yesones, se colocarán las viguetas 6,5 u 8 cm por debajo de la cabeza de las vigas maestras, de modo que los durmientes sobresalgan un poco y que el entarimado pase por encima sin tocar el metal (fig. 849).

Brochales. — Los brochales se emplean junto a los vanos y cañones de chimeneas y en todos los puntos en que, por una razón cualquiera, no se pueden apoyar las viguetas en los muros.

Siempre se da a los brochales la menor luz posible, consistiendo en una pieza ensamblada a dos viguetas, cerca de sus puntos de apoyo, y sobre la cual se ensamblan cierto número de viguetas llamadas *cojas* (fig. 850).

Si las dimensiones de la abertura son grandes (fig. 851) y el brochal descansa en las viguetas a cierta distancia de los puntos

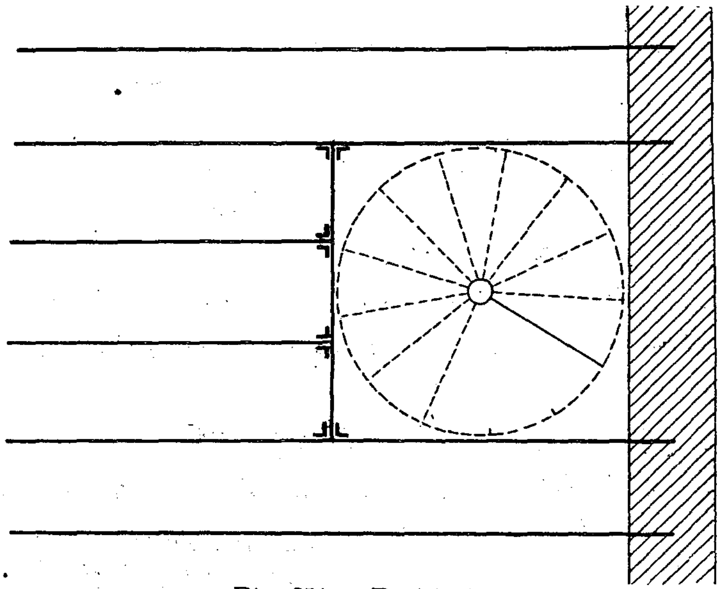


Fig. 851. — Brochal.

de apoyo, es conveniente dar a estas viguetas, llamadas *viguetas de embrochalado,* una sección proporcionada a la carga que les transmite el brochal.

Las viguetas cojas, comprendidas entre las embrochaladas, van a ensamblarse al brochal.

Peso propio de diversos suelos metálicos
(según T. SEYRIG)

A este peso hay que añadir, en cada caso, la sobrecarga

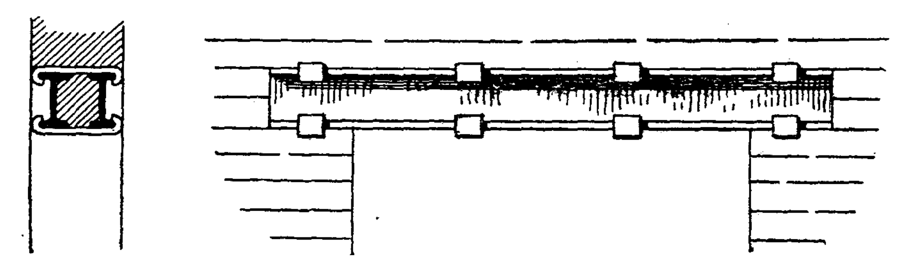
SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN	DETALLE DEL PESO Kg por m² de suelo		PESO admitido generalmente: Kg por m² de suelo
Suelo de viguetas de hierro con riostras longitudinales y transversales, forjado de yesones y cielorraso (fig. 817).	Piso de encina, de 25 mm	20	
	Durmientes empotrados	30	
	Forjado y enlucido	170	
	Riostras	5	
	Viguetas	10 a 30	
		235 a 255	250
Suelo con bovedillas de ladrillo ordinario de 11 cm de ancho (fig. 831).	Piso de encina	20	
	Durmientes y empotramientos	30	
	Bovedillas de ladrillo y enlucido	180	
	Viguetas	10 a 30	
		240 a 260	275
Suelo con bovedillas de ladrillo hueco de 11 cm de ancho (ladrillo francés).	Piso	20	
	Durmientes	30	
	Bovedillas y enlucido	160	
	Viguetas	10 a 30	
		220 a 240	225 a 245
Suelo con forjado de barro cocido sistema Perrière (véanse figs. 822 y 823).	Piso	20	
	Durmiente	30	
	Forjado	80	
	Viguetas	10 a 30	
		140 a 160	150 a 175

DINTELES METÁLICOS

Dinteles ordinarios.—El dintel es la pieza transversal que se coloca en los vanos, apoyando cada uno de sus extremos sobre los entrepaños. El dintel se emplea en la construcción de ventanas, puertas, tragaluces, etc. Suelen construirse con dos viguetas gemelas acopladas de diversos modos.

a) *Dintel compuesto de dos hierros en* **I** *acoplados por grapas* (figuras 852 y 853) que los mantienen con separación proporcionada al espesor del muro. El hueco entre las dos viguetas se rellena (colo-

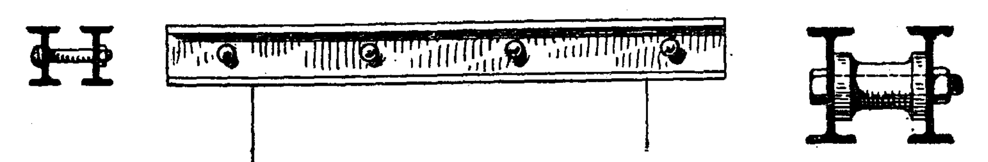
cando una tabla debajo) con un forjado de ladrillo o de yesones y yeso. Cuando se trata de un dintel ligero, el forjado puede hacerse en el suelo, colocando en obra la pieza cuando el material haya fra-



Figs. 852 y 853.—Dintel de viguetas gemelas, acopladas con grapas.

guado; pero si pesa mucho no hay más remedio que forjarlo en el sitio mismo.

b) *Dintel compuesto de dos hierros en* I *acoplados por riostras,* constituídas por un tubo de hierro dulce dentro del cual pasa un perno sujeto, con tuercas, a las viguetas (figs. 854 y 855). La separa-

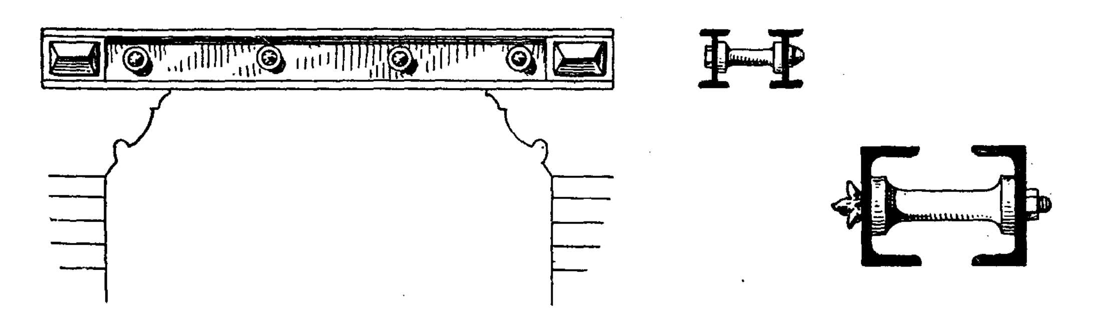


Figs. 854 y 855.
Dintel de viguetas gemelas, acopladas con riostras de hierro dulce.

Fig. 856.
Riostras de hierro colado para acoplar viguetas.

ción entre viguetas suele ser unos 7 cm menor que el grueso del muro.

También se hacen riostras de fundición, que se aprietan con pernos (fig. 856); este sistema asegura mejor la verticalidad del alma de las viguetas cuando el hueco entre ellas queda sin forjar, Cuando se rellenan con yesones y yeso, es suficiente emplear riostras de



Figs. 857 y 858.—Dintel aparente.

Fig. 859.—Sección transversal de un dintel constituído por hierros ⊏.

tubo de hierro dulce; esta clase de forjado es bastante empleada.

Cuando el *dintel metálico* ha de quedar *aparente,* su construcción general es como la de los precedentes, pero la ejecución debe ser más esmerada, y su longitud simétricamente distribuída de modo que apoye igual cantidad en ambos extremos; éstos deben ser bien corta-

dos y a escuadra. Los pernos que los arriostran se disimulan con florones de fundición y algunas veces con adornos de barro cocido esmaltado (figs. 857 y 858).

Estos dinteles aparentes se emplean mucho en las construcciones de sillería y de ladrillo: también pueden formarse con dos hie-

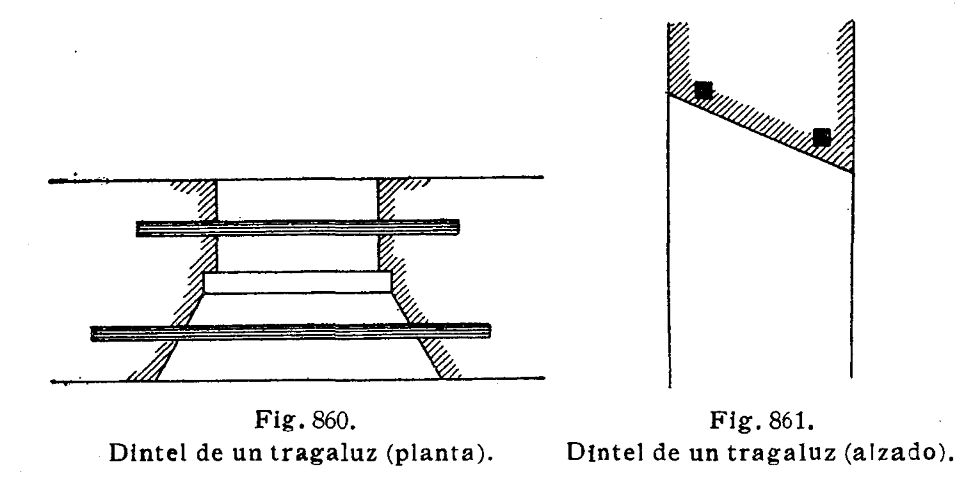
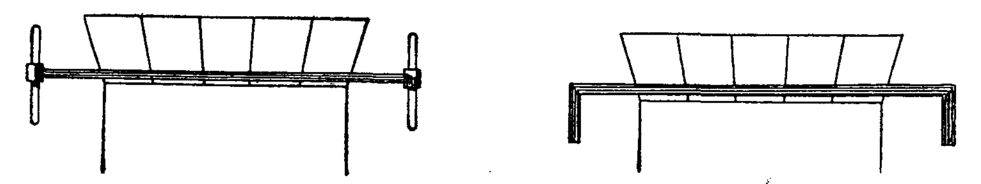


Fig. 860.
Dintel de un tragaluz (planta).

Fig. 861.
Dintel de un tragaluz (alzado).

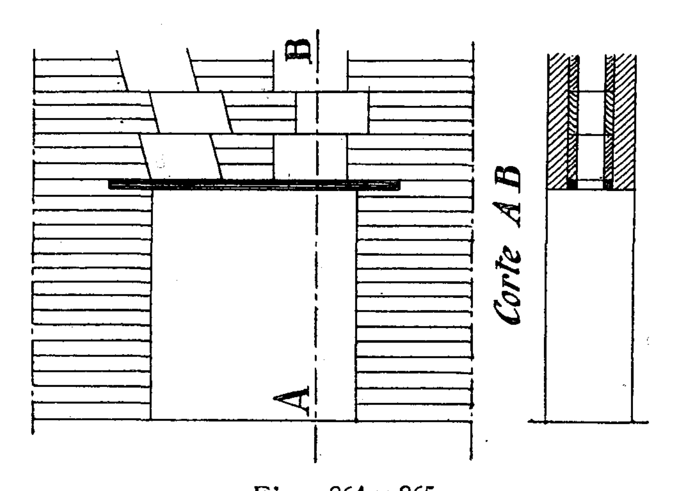
rros ⊏ (si se quiere obtener un paramento sin resaltos), cuyas alas se vuelven hacia el interior (fig. 859).

c) *Dinteles de hierro cuadrado.*—El hierro cuadrado de 3



Figs. 862 y 863. —Armadura de los dinteles aparejados con dovelas.

a 4 cm o más, sirve para formar los dinteles de los tragaluces, ventanillos, etc., y, en general, de los vanos estrechos (figs. 860 y 861).



Figs. 864 y 865.
Dintel armado con hierros cuadrados, para el hogar de una chimenea de calefacción.

Algunas veces se colocan los hierros a distintos niveles si conviene altura de paso, como sucede en las escaleras, por ejemplo.

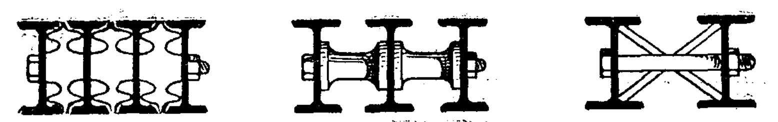
Los vanos aparejados con dovelas se refuerzan ordinariamente con un hierro cuadrado o uno plano colocado de canto; este hierro se amarra en cada uno de sus extremos (fig. 862); pero también se pueden acodillar, como indica la figura 863.

Para sostener los conductos de humos, se forman también dinteles con armaduras de hierros cuadrados, los cuales se colocan inme-

diatamente debajo de las paredes de los conductos propiamente dichos como indican las figuras 864 y 865.

Según la luz, se emplean hierros cuadrados de 30 o de 40 milímetros de grueso.

Dinteles de mucha luz.—Los grandes dinteles de hierro deben calcularse con arreglo al peso de la fábrica que soportan. Como



Figs. 866 a 868.—Tipos diversos de secciones para dinteles de mucha luz.

algunas veces se dispone de poca altura, es preciso, para obtener la sección suficiente, acoplar tres o cuatro viguetas. Es necesario, pues, calcular el momento resistente total $\frac{I}{n}$ necesario y elegir un perfil cuyo $\frac{I}{n}$ sea igual a la mitad, al tercio o al cuarto del momento resistente total, según que se acoplen dos, tres o cuatro hierros (figuras 866 a 868). El arriostramiento puede ser con riostras de fundición (figura 869) o por medio de barras cruzadas, como indica la figura 870;

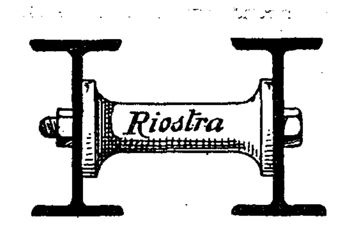


Fig. 869.—Arriostramiento de fundición.

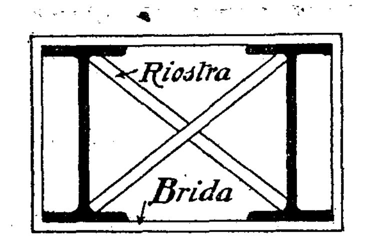


Fig. 870.—Arriostramiento de cinchos y barras cruzadas.

en el primer caso se acoplan las dos viguetas por medio de pernos, y en el segundo con cinchos colocados en caliente. Cuando se adopta este último sistema, se dilata el cincho calentándolo a una temperatura conveniente y se pasa después la viga; al enfriarse el cincho, se contrae y toma sus dimensiones primitivas apretando los hierros.

VIGAS MAESTRAS O JÁCENAS METÁLICAS

Jácenas de alma llena.—Se emplean en las grandes luces, cuando no se pueden colocar columnas, y también para obtener tramos posibles de salvar con hierros en I ensamblados a las jácenas. Se componen de palastros verticales llamados *almas* y de palastros horizontales denominados *tablas* o *platabandas,* ensamblado todo por medio de cantoneras para constituir una sección en I.

JÁCENAS DE ALMA SIMPLE Y SIN TABLAS (fig. 871).—Se componen de un palastro vertical y de cuatro cantoneras. Su momento resistente se obtiene por la fórmula:

$$\frac{I}{n} = \frac{bh^3 - (2\,b'h'^3 + 2\,b''h''^3)}{12\,n}$$

JÁCENAS DE ALMA SIMPLE CON TABLAS (fig. 872).—Son la aplicación del principio que consiste en colocar la mayor cantidad posible

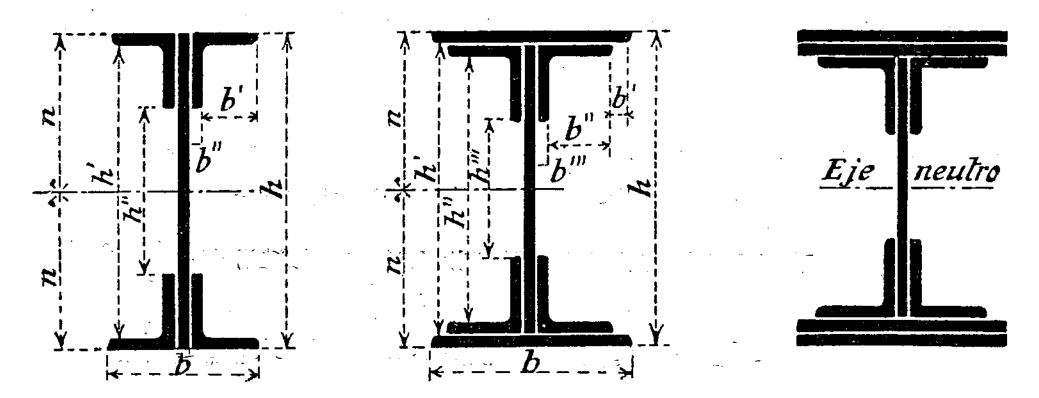


Fig. 871.
Jácena de alma simple, sin tablas.

Figs. 872 y 873.
Jácenas de alma simple, con tablas.

de metal por encima y por debajo de la línea neutra, lo más lejos posible de ésta. La fórmula para calcular el momento resistente es:

$$\frac{I}{n} = \frac{bh^3 - (2\,b'h'^3 + 2\,b''h''^3 + 2\,b'''h'''^3)}{12\,n}$$

Se aumenta la resistencia de estas jácenas empleando cantoneras de mayor tamaño y colocando varias tablas superpuestas, en vez de una sola, en cada *cordón* o *cabeza* (fig. 873).

JÁCENAS DE ALMA MÚLTIPLE O DE CAJÓN.—No pueden construirse sin tablas, pues éstas sirven para unir las almas. También se llaman

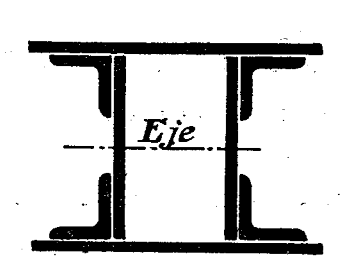


Fig. 874.
Jácena tubular de alma doble.

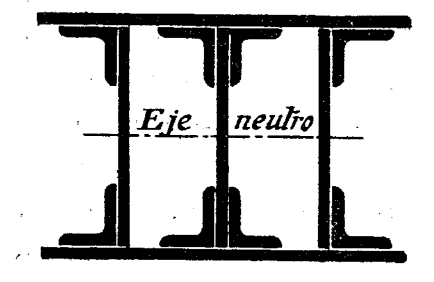


Fig. 875.
Jácena tubular de tres almas.

vigas o *jácenas tubulares*. Pueden ser de doble alma con tablas sencillas, unidas entre sí por cuatro cantoneras (fig. 874); también se hacen vigas de tres almas, con tablas y ocho cantoneras (fig. 875), disposición conveniente cuando la altura de que se dispone es muy limitada.

Cuando las vigas tubulares son de dimensiones muy grandes

(que permitan a un hombre introducirse, para colocar los roblones y sostener la estampa sufridera, mientras desde fuera se golpea para formar la cabeza) se pueden construir vigas de alma doble y ocho cantoneras en lugar de cuatro.

En todas estas vigas simétricas, el valor de $\frac{I}{n}$ se obtiene como se ha indicado antes: multiplicando la base por la altura elevada al cubo, y deduciendo de este producto las partes huecas calculadas de la misma manera, dividiendo todo por 12 y después el conjunto por n o sea por la mitad de la altura de la viga.

Jácenas de alma calada.—Son muy resistentes y susceptibles de contribuir a la decoración (fig. 876). Se componen de diversas mane-

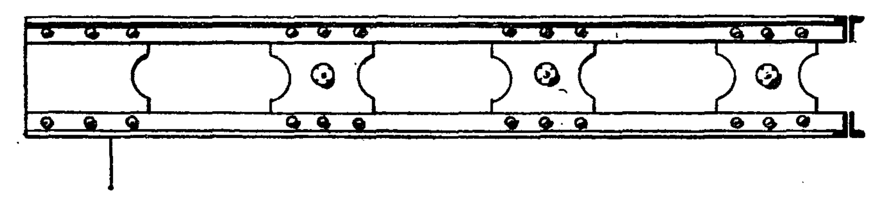
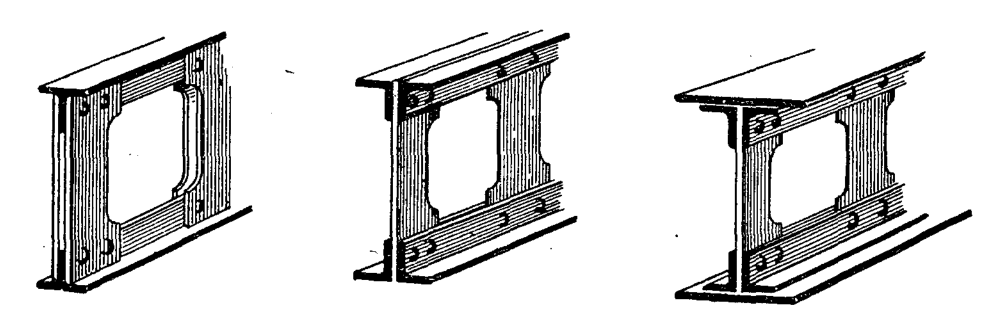


Fig. 876.—Jácena decorativa de alma calada.

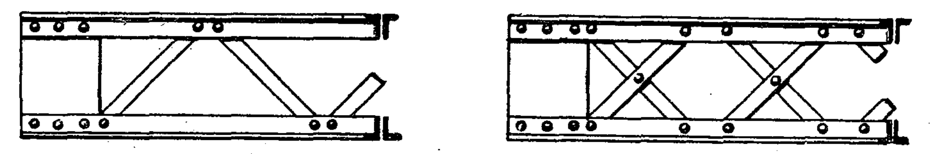
ras: 2 hierros en **T** en las cabezas, con montantes dobles de palastro (fig. 877); 4 cantoneras o hierros **L**, dos en la cabeza superior y otros dos en la inferior, con montantes dobles (como en el caso anterior)



Figs. 877, 878 y 879.—Jácenas de alma calada.

o también con montantes sencillos cogidos entre las dos cantoneras (fig. 878); lo mismo que en el caso anterior, pero con tablas (fig. 879).

Jácenas de celosía.—En ellas, los palastros del alma se reemplazan por barras formando mallas. Se puede alternar los montantes



Figs. 880 y 881.—Jácenas de celosía.

con las barras, para tener siempre varias barras que trabajen en una sección cualquiera de la viga. Las figuras 880 a 883 constituyen ejemplos de jácenas de celosía.

Vigas armadas.—El caso más sencillo de armadura consiste en atirantar una pieza encorvada, colocada sobre dos puntos de apoyo

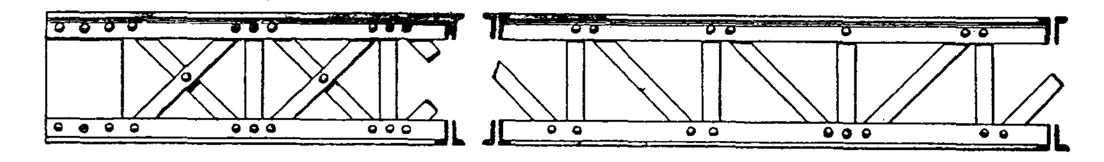


Fig. 882.
Jácena de celosía.

Fig. 883.
Jácena de celosía de construcción norteamericana.

(figura 884). El peso P se descompone en dos empujes sobre los puntos de apoyo, y la pieza, que sin el tirante trabajaría por flexión, trabaja después casi completamente por compresión.

En la construcción de estas armaduras, todas las precauciones para el buen amarre del tirante (base de la estructura total) son

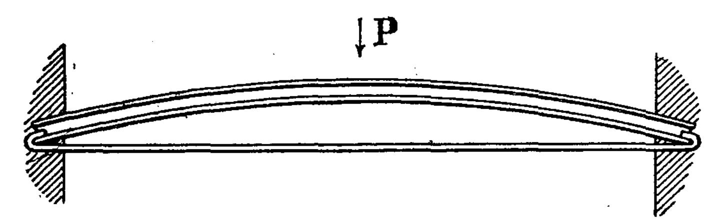
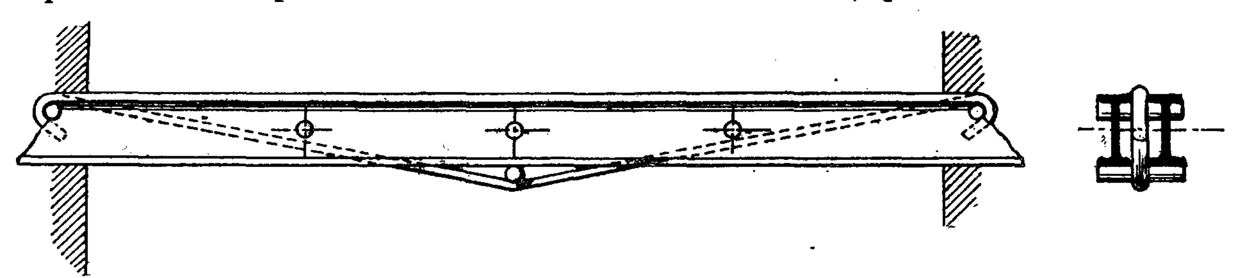


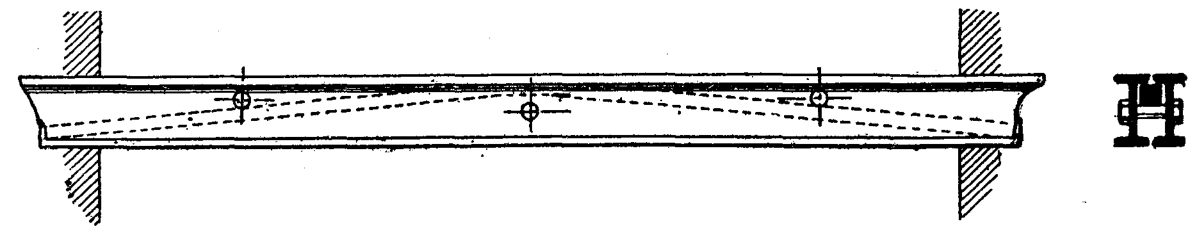
Fig. 884.—Viga atirantada.

pocas, por lo que, si se trata de luces algo importantes, deberá colocarse un pendolón que enlace el arco con su cuerda.

La viga armada que representan las figuras 885 y 886 se compone de dos hierros en I que trabajan por flexión y sostenidos en su punto medio por un tirante de hierro redondo, que tiende a levan-



Figs. 885 y 886.—Viga armada por debajo (punto intermedio de apoyo).



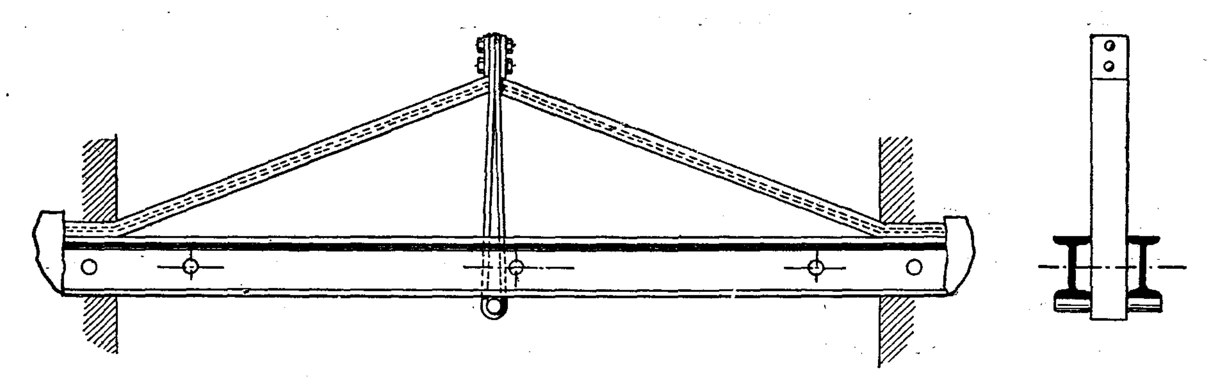
Figs. 887 y 888.—Viga armada con puntos intermedios de suspensión.

tar una barra, atravesada debajo de los dos hierros I y enganchada en la parte superior de los mismos.

Dos hierros en I, acoplados para constituir dintel, pueden

armarse con un hierro cuadrado (par) que trabaje por compresión (figuras 887 y 888). Este sistema es diametralmente opuesto al precedente.

Cuando la viga debe soportar un muro y éste no tiene vanos, se puede armar la viga más económicamente sin tener en cuenta la



Figs. 889 y 890.—Viga armada por encima (punto intermedio de suspensión).

altura que se ocupa, por ejemplo: tomando dos hierros en I reforzados en su punto medio por un pendolón (figs. 889 y 890) y refiriendo el esfuerzo de éste a los puntos de apoyo por medio de dos pares (hierros en H colocados de plano y empotrados en el muro; la sección en H impide el pandeo o flexión lateral de los pares por efecto de la

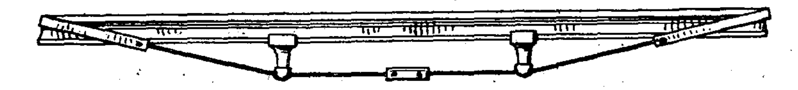


Fig. 891.—Viga armada por debajo.

compresión). Debe estudiarse cuidadosamente la disposición de los estribos por donde los pares transmiten su empuje a los muros, así como el amarre de dichos pares al pendolón.

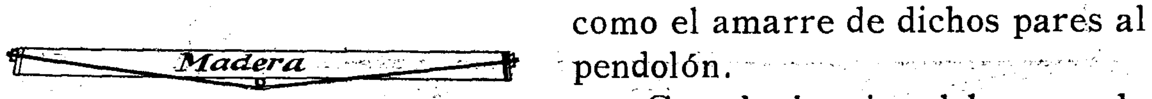


Fig. 892. — Viga de madera, armada con tirante de hierro.

Cuando la viga debe o puede quedar aparente, se emplea el sistema representado en la figura 891, que consiste en arriostrar la viga por medio de tirantes de hierros planos o redondos. En el caso de dos hierros en I acoplados, se



Fig. 893.—Viga de madera, armada con tirantes y manguetas.

pueden arriostrar con un solo tirante, como indicamos en la sección representada en las figuras 885 y 886.

También debemos mencionar las vigas mixtas de hierro y madera, en la que la madera es la pieza principal y está armada por uno o dos tirantes de hierro y manguetas (figs. 892 y 893).

ENCADENADOS

Definición y conveniencia del encadenado.—La primera condición que tiene que cumplir el constructor es la de cimentar bien el edificio que comienza a erigir; la segunda consiste en encadenarlo, es decir, en hacer todas las partes solidarias unas de otras de manera que si una parte del edificio estuviese mal cimentada la sostengan las demás.

Es inútil insistir en la importancia del encadenado, pues su utilidad es reconocida por los constructores; por lo demás, en todo tiempo se ha hecho uso del encadenado, pues la alternancia de troncos de árboles con trozos de piedras, en las construcciones primitivas, no era, en suma, más que un modo general de encadenar o de ligar la construcción.

Como en muchas otras aplicaciones, también en ésta el hierro ha demostrado su superioridad, habiéndose empleado con tal fin casi desde su aparición. Es cierto que ello tenía lugar en forma de piezas pequeñas, pero era debido a que la industria no pudo darles, hasta más tarde, las dimensiones y las formas que favorecían su empleo.

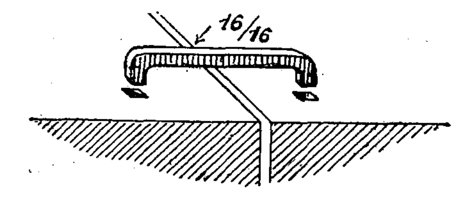
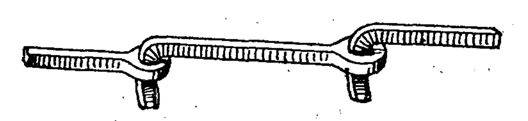


Fig. 894. — Grapa.

Antiguamente se hacían ya encadenados con bronce y hierro, pues las grapas (fig. 894), garfios, etc., no son otra cosa que cadenas pequeñas. Las piezas largas del encadenado eran de madera e iban ocultas en la fábrica. Más tarde se adoptaron cadenas compuestas de corchetes, con un ojo en un extremo que recibía otro corchete y así sucesivamente (fig. 895). Pero, bajo los esfuerzos considerables que ocasionan algunas veces las fábricas, se producen deformaciones en estos encadenados compuestos de elementos pequeños, pues los corchetes se abren, los ojos se alargan, determinando todo ello un alargamiento total que puede ser funesto al conjunto del sistema.


Fig. 895. — Encadenado compuesto de elementos pequeños.

En la actualidad, la ligereza de las construcciones hace más indispensable todavía el empleo de las cadenas, que permiten reservar a los muros el papel de resistir, exclusivamente, los esfuerzos de compresión.

Encadenado de los sótanos.—El encadenado de los sótanos puede hacerse muy fácilmente. En ciertos casos no existe, si la construc-

ción que se erige está aislada, es decir, si el sótano está rodeado de terraplenes; efectivamente, en dicho caso, no hay razón para encadenar muros que son, al mismo tiempo, muros de cimiento y muros de sostenimiento sometidos al empuje de las tierras. En tales condiciones, estos muros en vez de arriostramiento contra el vuelco hacia afuera necesitan ser sostenidos contra el empuje externo, de lo cual se encargan los suelos, que forman un muro horizontal que los sostiene por su coronación. Por estas razones, creemos inútil encadenar los muros del sótano de una construcción aislada.

En una construcción ordinaria, flanqueada por otras del mismo género, se debe disponer el encadenado paralelamente a los muros que sostienen las tierras y no ligar sino aquellos que están aislados, es decir, que no resisten empuje alguno.

Elementos que integran los encadenados.—Un encadenado bien dispuesto se compone:

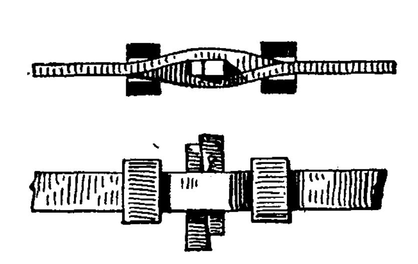
1.° De una fila de barras o tirantes, colocados en el eje de cada muro y amarrados en los extremos.

2.° De barras transversales, perpendiculares a las viguetas, que sostienen a los muros cuando éstos tienen mucha longitud.

3.° De los amarres o llaves de aquellas viguetas que se aprovechan como cadenas.

TIRANTES.—Los tirantes se forman con hierros de sección rectangular, de dimensiones proporcionadas al esfuerzo a que pueden estar sometidos. En las construcciones ordinarias, las cadenas tienen 45 × 9 mm o 50 × 9, y terminan en un ojo por donde pasa la llave que sirve de amarra.

UNIONES.—Las dimensiones de las construcciones no permiten hacer los tirantes de una sola pieza, por lo que se recurre a unir varios por *empalme de talón* (figs. 896 y 897). Los extremos de las barras están forjados formando talón o resalto; se colocan las dos piezas, una sobre otra, después de haber introducido previamente dos anillos entre ambos talones, y luego se introduce una o dos cuñas entre ambos talones. Estas cuñas tienen por objeto permitir regular la longitud de la cadena dándole cierta tensión inicial, es decir, tensarla para que cualquier deformación del muro sea inmediatamente detenida por el encadenado, lo que no sucedería si la cadena estuviese *floja*.



Figs. 896 y 897. — Empalme de talón para cadenas (alzado y planta); véase también la figura 842.

En las construcciones de poca importancia, se pueden ensamblar las porciones de la cadena doblando los extremos en forma de gancho (fig. 898); los extremos opuestos se pasan debajo de los pri-

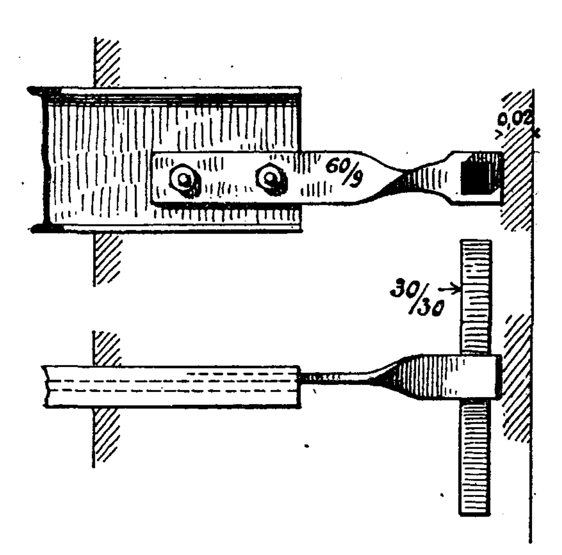
meros perpiaños y se vuelven a doblar, para formar un gancho que abrace toda la altura de la hilada, cargándolos con la hilada siguiente para que no puedan abrirse.

Pero este procedimiento no debe emplearse más que cuando se dispone de hierro muy dulce, que se puede doblar en frío sin agrietarse.



Fig. 898.—Empalme sencillo para cadenas.

LLAVES.—También se aprovechan como cadenas las viguetas amarrándolas a los muros, con llaves, de dos maneras: o pasando la llave por un agujero practicado en la vigueta (pudiendo disponerse la llave horizontal u oblicuamente, si se deja cierto juego en el agujero), o bien como indican las figuras 899 a 902.

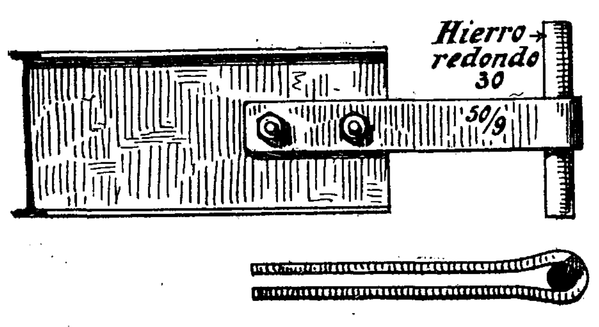


Figs. 899 y 900.
Encadenado de una vigueta, mediante llave.

Algunas veces resulta que las cadenas de dos muros se atan a una misma llave, colocada en la intersección de los ejes de ambos muros; tal es el caso de las construcciones de sillería.

Las viguetas utilizadas como cadenas, que se apoyan en los muros divisorios, se empalman entre sí con eclisas y tornillos.

El extremo de la cadena enrasa con el paramento externo del muro y se cubre con el revoque, cuyo grueso mide 2 ó 3 cm (fig. 899).



Figs. 901 y 902.
Encadenado de una vigueta, mediante llave.

Encadenado de linterna.—Esta variedad de cadena se emplea generalmente dejándola aparente; es una especie de tirante cuyas llaves son exteriores y consisten en gruesos rosetones o grandes florones, casi siempre de fundición, que aprietan sobre una chapa de palastro bastante grande para repartir la presión sobre una superficie de la fábrica suficiente para asegurar su eficacia.

Estas cadenas son de hierro redondo y en dos piezas; un templador, con roscas de sentidos opuestos, permite regular la tensión de la cadena.

También se emplean cadenas de linterna para levantar paredes deformadas, desplomadas, etc.

Encadenados entre los cuerpos de un edificio.—En los patios, patinillos y, en general, en los sitios donde se ha luchado con inconvenientes para obtener la suficiente área libre para ventilación e iluminación, los cuerpos de edificio suelen tener poca profundidad, pues como no se les puede dar luz más que de un lado, rara vez llegan a exceder de los cinco o seis metros; y como que, a pesar de tan estrecha base de sustentación, se llega a darles veinte y más metros de altura, es preciso arriostrar unos cuerpos con otros para darles estabilidad. Ello puede lograrse: mediante cadenas de hierros redondos (de 35 o de 40 mm de diámetro), con hierros I (sencillos o acoplados I I), o valiéndose de bovedillas de ladrillo con tirante de hierro.

En este género de cadenas hay que tener en cuenta dos clases de esfuerzos: el cuerpo de edificio, al sufrir un asiento, lo mismo puede inclinarse de un lado que de otro; si se hunde del lado del cuerpo al que está encadenado, comprimirá la cadena, y en el caso contrario tirará de ella. Ello nos induce a aconsejar que se empleen siempre hierros en I (sencillos o acoplados, según la importancia de la construcción); estas cadenas se van colocando a medida que la construcción llega a la altura fijada para aquéllas. Cuando se ponen dos viguetas acopladas es conveniente ligarlas con riostras, apretadas por pernos (fig. 856), y si se rellena el hueco que queda entre ellas deben coronarse con una albardilla de una o de dos vertientes, según el caso de la medianería.

También se recurre a bovedillas de ladrillos con tirantes por encima, y una albardilla que cubra el conjunto; la bóveda resiste suficientemente a los empujes posibles, y por la forma que adquiere con la albardilla se convierte en una especie de puente, con riñones cargados muy resistentes. Por otra parte, el tirante actúa a su vez si los dos cuerpos del edificio, en vez de aproximarse, tienden a alejarse; si no existiera el tirante, en este caso la bóveda se abriría.

Encadenado de los sillares.—Aparte del encadenado general de la construcción, se recurre a encadenados parciales que no interesan más que determinadas partes, particularmente la sillería, donde se requieren siempre.

Cuando se trata de descargar las dovelas que forman un arquitrabe, se acostumbra colocar un simple hierro plano (de anchura igual a dos veces el grueso) puesto de canto y alojado en un rebajo de la piedra. En los vanos de muy poca luz se emplean cuadradillos de 36 a 40 mm (para tragaluces, ventanillos, etc.).

Para los dinteles aparejados con dovelas, el hierro plano resulta muy pesado y tiene el grave inconveniente de agrietar mucho la piedra; además, cuando se pasa de cierta luz, casi nunca es capaz de soportar el peso de las dovelas si éstas descienden y, como que va

simplemente apoyado en dos puntos, no trabaja como tirante y, por lo tanto, no impide la deformación del aparejo. Es preferible, pues, procurar que las dovelas trabajen por compresión como una bóveda, impidiendo, por un recurso u otro, que los puntos de apoyo se separen; ello se consigue ligando las dos jambas por medio de una cadena amarrada en sus extremos como representan las figuras 862 y 863, o sencillamente mediante un cuadradillo (de 30 por 30 mm, verbigracia) con extremos formando gancho y entregado lo bastante para que entre *a* y *b* (fig. 903) quede una sección de piedra suficiente para resistir a la tracción de la cadena.

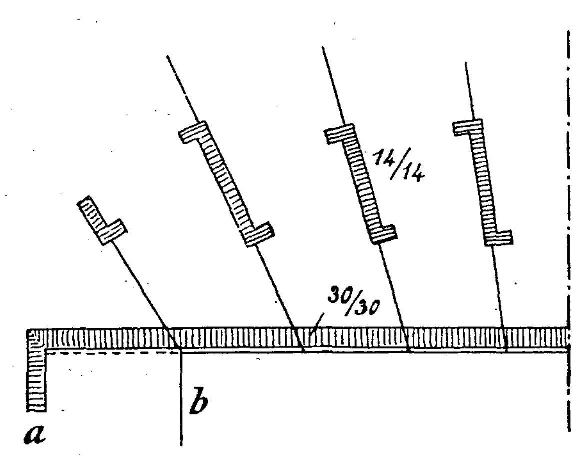


Fig. 903.—Encadenado de un dintel.

Las dovelas se enlazan entre sí por medio de grapas de bronce dispuestas de distintas maneras como indica la expresada figura.

En las hiladas horizontales, los sillares, en obras de ejecución muy esmerada, se ligan entre sí por grapas o se fijan en clavijas.

ENTRAMADOS DE HIERRO

Consideraciones generales. — Hasta el siglo pasado se construían lo mismo casas de mampostería que de madera exclusivamente, pero eran corrientes los entramados de madera (obras mixtas) para las paredes que daban a patios, cajas de escalera, etc., y todavía hoy se emplean, aunque cubiertos con un enlucido en vez de quedar aparentes como antes.

No pueden negarse las ventajas de esta clase de construcción: facilidad del trabajo de la madera, combinaciones a que se presta, tanto en la estructura como en la decoración, etc.; pero tampoco puede desconocerse que la madera de buena calidad escasea más cada día y que tiene el grave defecto del peligro constante de incendio.

Como en las demás aplicaciones de la carpintería, también en ésta ha ido el hierro substituyendo a la madera, pues si ésta facilitaba la construcción de tabiques de menos espesor que los de fábrica, también el hierro lo permite y aun en mejores condiciones.

Se han sacado a relucir todos los defectos del hierro: su sonoridad, su conductibilidad, su dilatabilidad, etc. No obstante, como que hoy se emplea completamente embebido en la fábrica, no creemos que la dilatación sea un inconveniente grave; sabemos de entramados metálicos colocados hace muchos años, que se comportan muy

bien. Respecto a la sonoridad, diremos que los entramados metálicos apenas se utilizan fuera de los patios, cajas de escaleras, etc., casos en los cuales no resultan más sonoros que los de madera.

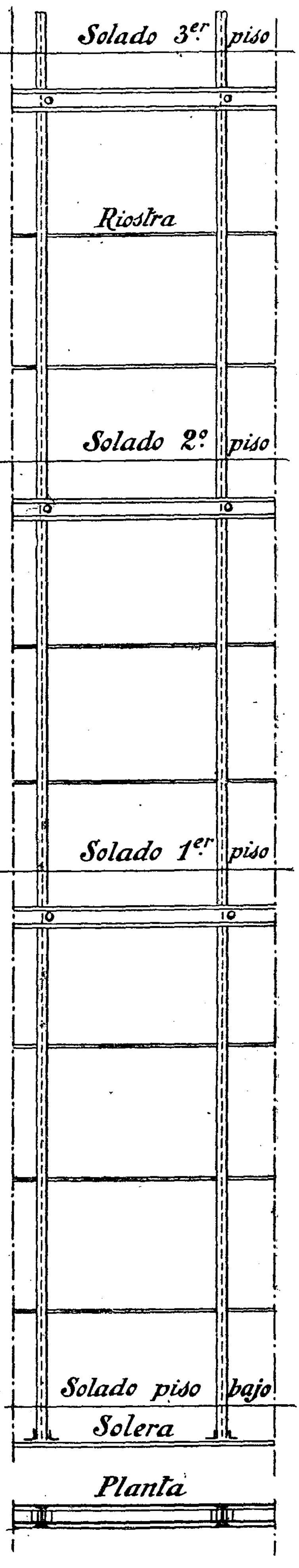
Estructura de los entramados de hierro. —Un entramado de hierro se compone de pies derechos, soleras, carreras, riostras y otras piezas menores.

Los pies derechos de relleno y los virotillos ensamblados a las riostras (fig. 647), que están casi juntos en los entramados de madera, se reducen en los de hierro a los *postes principales* espaciados 1,00 m ó 1,50, ligados entre sí por tirantes o riostras horizontales y ensamblados con las carreras (figuras 904 y 905).

Las *riostras* oblicuas se emplean en los entramados de hierro cuando la fábrica del relleno es poco consistente y el conjunto está sometido a esfuerzos determinados, empuje del viento, asientos del suelo, etc., factores que ordinariamente no hay que tener en cuenta, pues el entramado metálico está siempre sólidamente unido con la fábrica.

Las *carreras* son piezas horizontales que se colocan en cada piso a la altura del entramado que constituye cada suelo; descansan sobre los pies derechos del piso inferior, con los que se ensamblan, y sostienen los del piso superior.

Pies derechos sencillos.—De ordinario son de hierro en I, de alas estrechas o anchas; a veces se acoplan dos hierros, si la carga que han de soportar es considerable. Se prefieren los hierros en I, para formar los pies o postes, porque su perfil se presta muy bien para alojar los ladrillos o los materiales que se empleen para el relleno (fig. 906) comportándose como los postes nervados de que hemos hablado en la página 252. En las partes



Figs. 904 y 905.—Entramado de hierro (alzado y planta).

redondas o poligonales se pueden utilizar como pies derechos los hierros Zorés (fig. 907).

Cornijales. — Se llama *cornijal* el pie derecho que forma el ángulo de un entramado. Su composición es distinta según que hayan

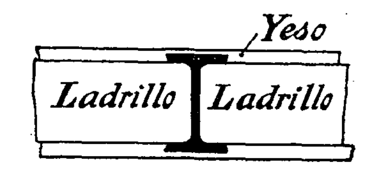


Fig. 906.—Sección de un poste de relleno.

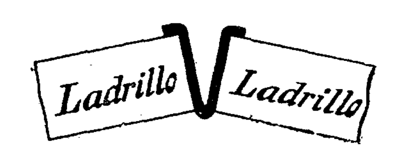


Fig. 907.—Seción de un poste de hierro *Zorés*.

de revestirse con yeso o que deban quedar aparentes. En el primer caso está compuesto de dos hierros en I y uno en L, reunidos por una riostra interior (fig. 908). Si ha de quedar aparente, se puede formar

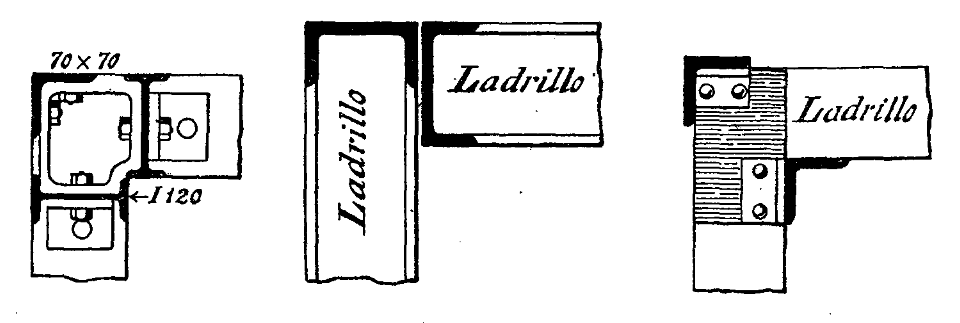


Fig. 908.
Sección de un cornijal que ha de revestirse con yeso.

Figs. 909 y 910.
Secciones para cornijales aparentes.

ensamblando dos hierros en ⊏ (fig. 909), pero es preferible emplear sencillamente dos hierros de ángulo grandes, unidos entre sí por escuadras y pletinas (fig. 910) que quedan aprisionadas entre las hiladas de ladrillo. De esta manera, los ladrillos contribuyen a ligar las dos paredes si se colocan alternativamente a soga y a tizón en el encuentro de aquéllas.

La figura 911 muestra la disposición de un cornijal para muros que no estén a escuadra: dos hierros I, ensamblados con la carrera. Las dos carreras se ensamblan entre sí por eclisas acodilladas y una brida interior forjada; los pies derechos superiores e inferiores se fijan a las carreras con escuadras y éstas se ligan entre sí con pernos.

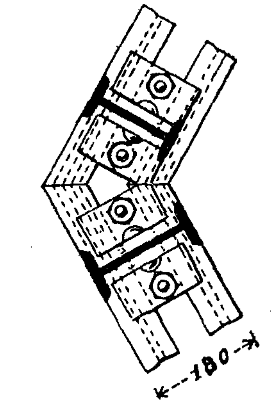


Fig. 911.— Cornijal para muros que no están en escuadra.

Pies derechos compuestos.—Cuando los muros tienen mucho espesor se componen los pies derechos con la ayuda de palastros y de angulares, proporcionando la sección del hierro con la carga que han de soportar.

Las figuras 912 a 914 representan los tres casos principales que pueden ocurrir en la construcción de postes compuestos.

Pies derechos de fundición. — Se hacen tambien pilares de fundición y columnas con nervios para recibir un muro. Esta clase

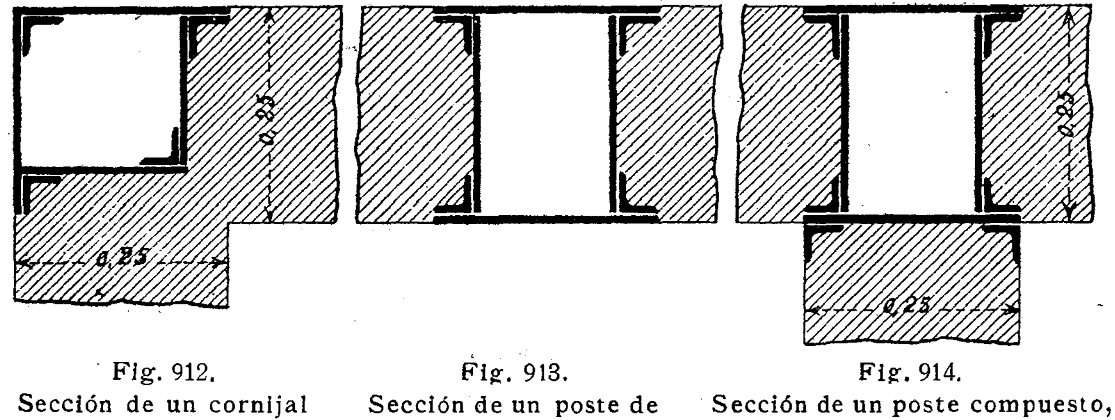


Fig. 912. Sección de un cornijal compuesto.

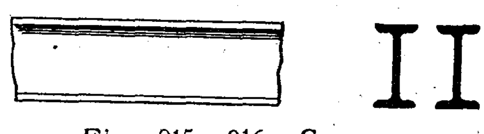
Fig. 913. Sección de un poste de relleno compuesto.

Fig. 914. Sección de un poste compuesto, en la unión de un muro divisorio con la fachada.

de construcciones es muy empleada en los mercados cubiertos (1).

Soleras.—El entramado metálico se apoya sobre la fábrica por medio de una pieza horizontal llamada solera y constituída por una barra plana, o por un hierro en ⊔ o en H de la misma altura de alma que los pies, con los que se ensambla por medio de cantoneras.

Carreras.— Cuando los postes están poco distantes entre sí, a 75 cm como máximo, la carrera puede formarse con un hierro en I colocado con el alma horizontalmente (para que el ancho resulte igual al de los postes); sin embargo, en general, la carrera se forma con dos viguetas, acopladas con la separación necesaria para que el conjunto tenga el mismo ancho que el pie derecho (figuras 915 y 916).

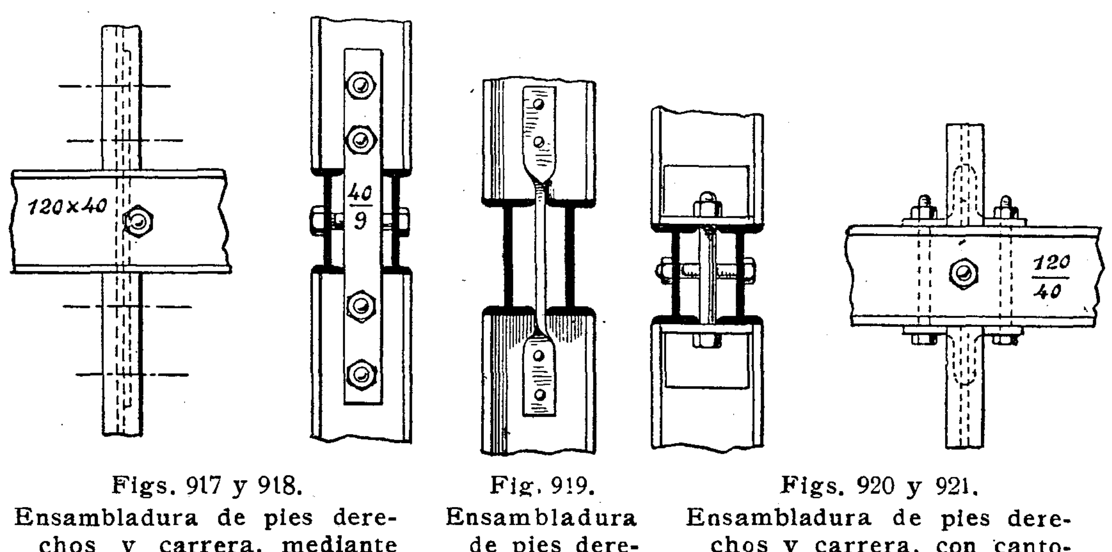


Figs. 915 y 916.—Carrera.

Ensambladura de los pies derechos con la carrera.—Si la carrera es continua, los pies derechos son los que se interrumpen; la parte superior de los de un piso se liga con la inferior de los del piso de encima con una brida de hierro plano (figs. 917 y 918) sujeta con tornillos; el ancho de esta brida es exactamente el espacio libre entre las alas de los dos hierros I que forman la carrera, que a su vez van arriostrados. Cuando no hay espacio para dar a la brida el ancho necesario, se retuerce ésta y entonces las piezas de la carrera están sólo separadas por el grueso de la brida (fig. 919).

(1) Véase: Barberot, *Traité pratique de serrurerie*, 3.ª edic., París, Béranger.

Una variante de ensambladura consiste en armar con cantoneras los extremos de los postes y unirlas con pernos que pasen



Figs. 917 y 918. Ensambladura de pies derechos y carrera, mediante brida de hierro plano.

Fig. 919. Ensambladura de pies derechos y carrera, con brida acodillada.

Figs. 920 y 921. Ensambladura de pies derechos y carrera, con cantoneras.

por entre los dos hierros que constituyen la carrera (figuras 920 y 921).

Ensambladura de la carrera con el cornijal.—Si el cornijal es continuo de un piso a otro, la carrera se ensambla a él por medio de cantoneras, o de una cartela de hierro plano roblonada al poste (figura 922). Si el cornijal se interrumpe en cada piso, como se hace algunas veces, la carrera descansa encima del mismo y la prolongación del cornijal apoya sobre la carrera.

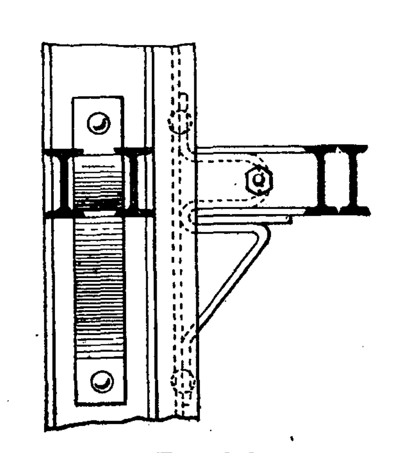


Fig. 922. Ensambladura de las carreras con el cornijal, cuando éste es continuo.

Riostras y tirantes.—Se usan hierros en I colocados con el alma horizontalmente, para ligar entre sí los postes o pies derechos y al mismo tiempo resistir los empujes horizontales. Estos hierros se colocan a la altura de los antepechos, y cuando la altura del piso es muy grande se divide el espacio comprendido entre este hierro y la carrera por medio de otro hierro I colocado del mismo modo. La ensambladura con los pies derechos se efectúa por medio de cantoneras (véanse las figuras 904 y 905).

Entre cada dos riostras I horizontales se ligan además los postes por tirantes de hierro redondo con los extremos fileteados y sujetos con tuercas al alma de los pies; estos tirantes, que ordinariamente tienen 14 mm de diámetro, quedan embebidos en la fábrica y los de un entrepaño alternan con los del contiguo de un modo aná-

logo al que se ha explicado al hablar del arriostramiento de las viguetas para suelos (véase la figura 821). Otras veces se usan sencillamente hierros planos de 40 × 7 mm, acodillados en sus extremos y cogidos los de cada dos entrepaños contiguos por un solo tornillo que atraviesa el alma de la I (fig. 923).

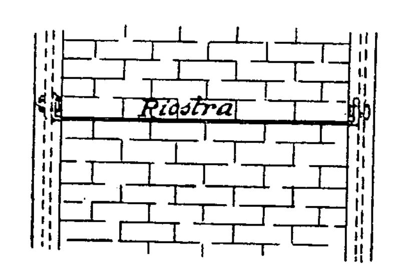


Fig. 923. — Arriostramiento de los pies derechos, con tirantes de hierro plano.

Vanos en los entramados de hierro.— Cuando se quiere disponer en un entramado metálico una puerta o ventana, se disponen los *pies derechos de elección o de puerta* con la separación correspondiente al ancho de vano, teniendo en cuenta, naturalmente, el sobreancho necesario para alojar el cerco (fig. 924) provisto de un *renvalso* o rebajo destinado a ajustar la vidriera.

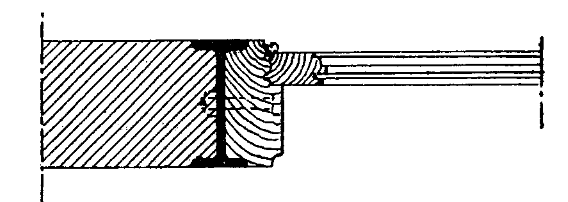


Fig. 924.—Pie derecho de puerta.

Por arriba se limita el vano con un *cabecero* de sección en I, ensamblado a los postes con escuadras y tornillos y situado 20 ó 30 cm más bajo que la carrera; de este modo queda un recuadro de fábrica (fig. 925) para fijar las varillas de las cortinas, portiers, etc. Contra dicho cabecero ajusta la pieza de igual nombre del cerco de madera. En la parte baja del vano, y a una altura variable según los casos, se dispone otro hierro I denominado *peana;* cuando se trata de puertas falta la

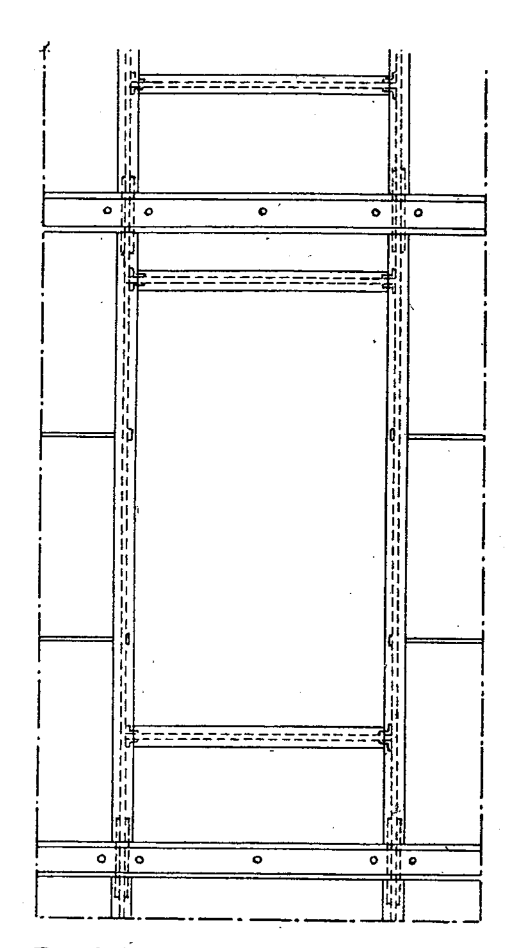
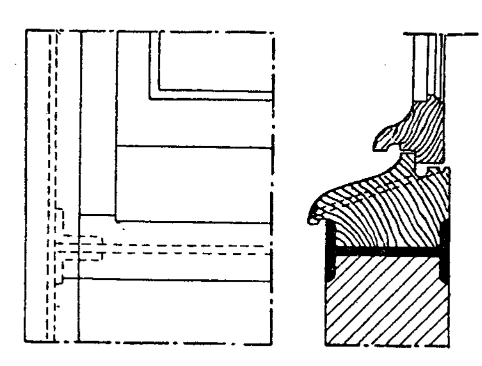


Fig. 925.—Alzado de un vano, en los entramados metálicos.



Figs. 926 y 927.—Parte inferior de una ventana, en los entramados metálicos.

peana. A veces, la de una ventana se coloca cerca del entarimado

completando la altura hasta 0,95 ó 1,00 m con un panel de fundición o de hierro forjado que sirva de antepecho.

En la peana metálica ajusta la de madera que completa el cerco (figuras 926 y 927).

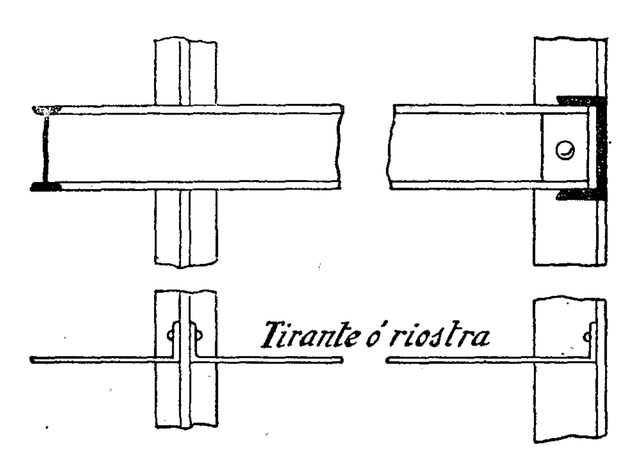
Dimensiones de los hierros empleados.—Los entramados metálicos de las casas se construyen con hierros de los siguientes perfiles y dimensiones:

Carreras y pies derechos.—Para ladrillo de 11 cm: I de 120 mm de altura; es preciso recortar algo los extremos del ladrillo para encajarlo entre las alas del hierro. Incluyendo el revoco, resultan tabiques de 14 ó 15 cm de grueso, de manera que el metal queda cubierto (de ambos lados) por un centímetro o uno y medio de yeso.

Para ladrillos de 11 cm pueden emplearse, también, pies derechos I de 140 mm y carreras I de 160 mm; el grueso del tabique resulta de 16 cm. Cuando la carrera debe sostener las viguetas, se adoptan perfiles I mayores.

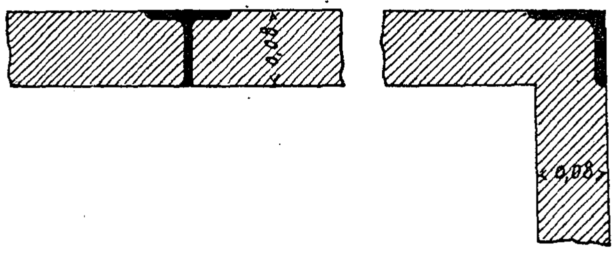
Riostras. — Hierros redondos de 14 ó de 16 mm de diámetro; hierros planos de 40 × 7 mm o mayores.

Claro es que si el ancho del ladrillo es mayor, habrá que recortarlos para no tener que aumentar las dimensiones de los hierros.



Figs. 928 y 929.
Entramado metálico ligero (alzado).

Entramados ligeros.—En los entramados ligeros se emplean (figs. 928 a 931): para cornijales, hierros en L de $\frac{80 \times 80}{9}$ mm; como pies derechos de relleno, hierros en T de $\frac{75 \times 80}{8}$ mm; la solera es un hierro plano de 80 × 7 mm; los puentes, hierros en I de 80 mm; las carreras que sostienen el suelo y las cerchas de la cubierta son hierros en C de 120 a 140 mm, ensamblados con escuadras a los montantes de relleno y cornijales. Las riostras son de hierro plano y quedan embebidas en los tendeles de mortero.



Figs. 930 y 931.
Entramado metálico ligero (planta).

ESCALERAS DE HIERRO

Ventajas.—La incombustibilidad, la seguridad que ofrecen los empotramientos, la incorruptibilidad de las partes empotradas y por último su gran resistencia, propiedades muy conocidas, demuestran cumplidamente la superioridad del hierro sobre los demás materiales, en todas las aplicaciones en general y particularmente en la construcción de las escaleras.

En las escaleras, el hierro ofrece, además, otras ventajas desde el punto de vista de la ejecución; efectivamente, ya se ha indicado anteriormente lo costoso que resulta el trazado de una zanca de madera, su desbaste, ensambladuras, etc. Si se emplea el hierro, el trazado es sencillo, como indicaremos después, y no hay más que recortar y arrollar la plancha (si se trata de tramos en vuelta); para esto último, se traza sobre ella cierto número de verticales, perpendiculares a la línea base de la figura, que guían al encargado de curvar la plancha y que al colocar la zanca en obra deben coincidir con la dirección de la plomada.

Las escaleras de hierro, ocultas o aparentes por debajo, se prestan a la decoración, tanto como las construídas con otros materiales.

En las escaleras de zancas superpuestas, sin ojo, se gana en ancho la diferencia de espesor entre la zanca de madera o piedra y la de hierro, unos siete centímetros por lo menos.

Digamos por último que, gracias a los constantes progresos de la fabricación, el precio de las escaleras de hierro tiende cada vez más a aproximarse al de las de madera.

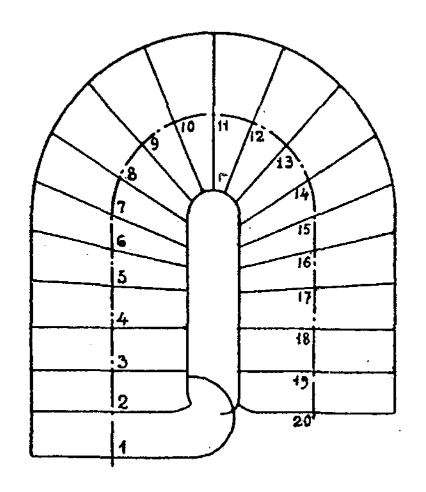


Fig. 932.—Planta de escalera.

Trazado de las zancas.—Después de dibujada la planta (fig. 932) y fijada la compensación de los peldaños de la parte curva (véase el capítulo XI), se dividirá la altura total en tantas partes iguales como peldaños se hayan supuesto, numerándolas 1, 2, 3, 4, etc. (fig. 933); después, con el compás o mejor con una cinta de acero, se marcará sobre la línea de base el ancho o desarrollo de la huella de cada peldaño (junto a la zanca en cuestión). Levantando perpendiculares, a la base, por los puntos de división (numerándolas también), su intersección con las horizontales respectivas dará la arista de cada peldaño. Se hará entonces la plantilla de la huella

de madera o de mármol (figs. 934 y 935) aplicándola a cada peldaño; después, con una abertura de compás de 13 a 15 cm (según

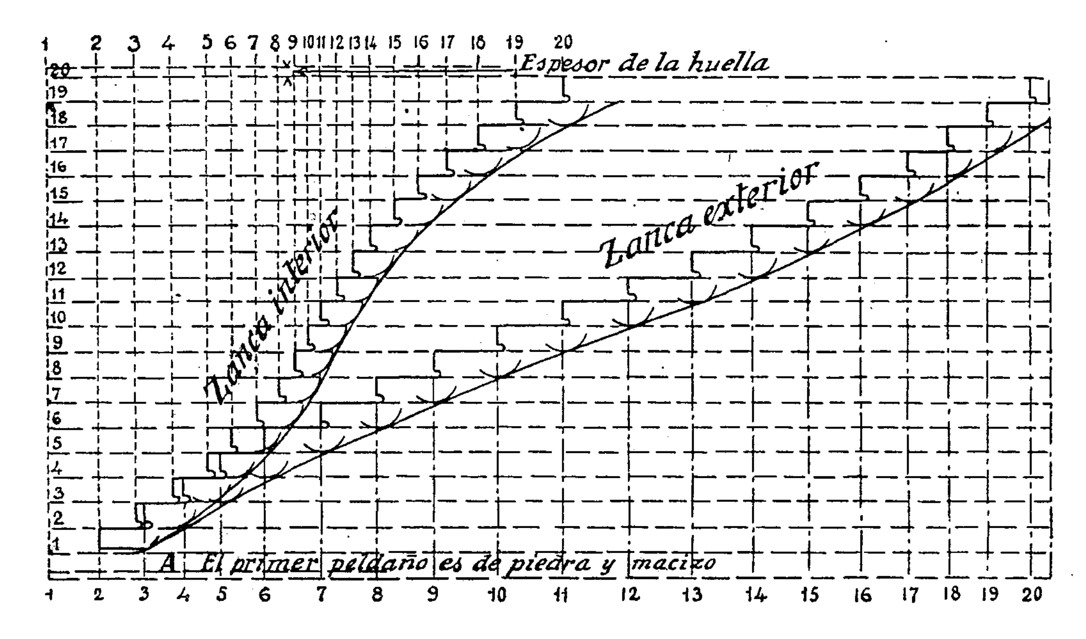
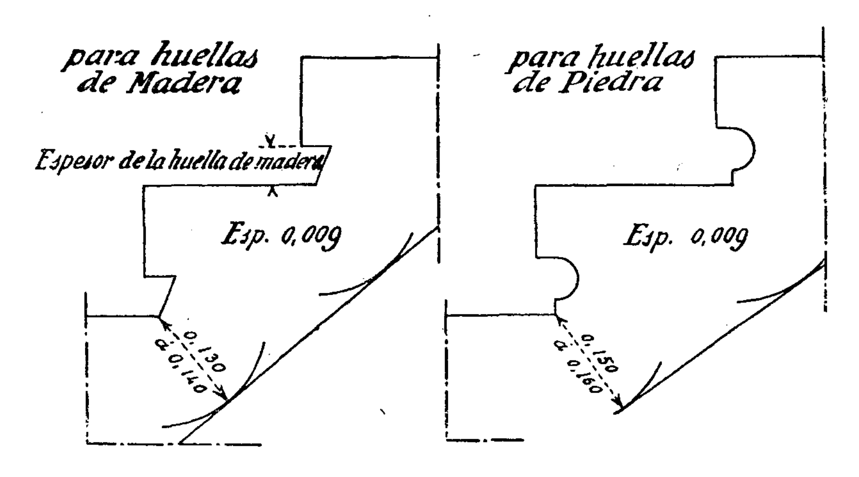


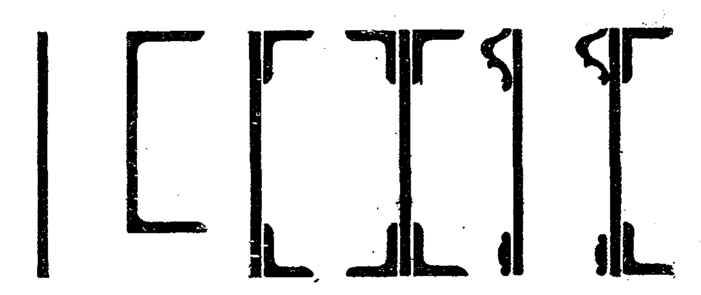
Fig. 933.—Trazado de las dos zancas de una escalera como la representada en la figura anterior.

sea el espesor del palastro empleado para la zanca), se describirá, desde los puntos más entrantes del trazado, una serie de



Figs. 934 y 935.—Zancas aplantilladas.

arcos que, enlazados por tangentes, formarán una línea quebrada cuyos ángulos se redondearán para obtener una curva continua que será la parte inferior de la zanca.

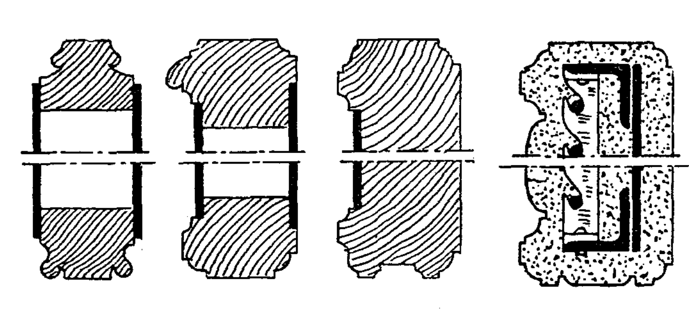


Figs. 936 a 941.—Secciones de zancas metálicas.

Diferentes secciones de las zancas.—La zanca más sencilla es la de hierro plano (fig. 936), cuya altura varía, según la forma de los peldaños, entre 20 y 40 cm, con espesores de 5 a 10 mm; si es necesaria

una resistencia mayor se pueden emplear hierros en ⊏ (fig. 937), o secciones compuestas como indican las figuras 938 a 941.

Todavía podemos citar las zancas mixtas de hierro y madera, en las que se encuentran todas las ventajas de la rigidez del hierro junto con la variedad de formas a que se presta la madera (figs. 942 y 943). Las zancas de madera están siempre expuestas a henderse, por lo que, en las obras hechas con esmero, la zanca se arma con un alma metálica (figura 944) que disimula las grietas de la madera. Esta armadura está montada con tornillos y tiene un espesor de 4 ó 5 milímetros.



Figs. 942 a 944. Secciones de zancas mixtas, de madera y de hierro.

Fig. 945. Sección de una zanca mixta, de hierro y estuco.

Todas las secciones que acabamos de mencionar se aplican a las zancas rectas o *a la francesa,* excepto la primera (fig. 936) que también puede ser aplantillada.

Cuando se trata de zancas recortadas o de cremallera, la sección es siempre la indicada en la figura 936, armada algunas veces con una cantonera por debajo. La plantilla de las zancas varía según se trate de peldaños de madera o de piedra. En el primer caso, el perfil se hace sólo con líneas rectas (fig. 934); si, por el contrario, se trata de peldaños de piedra, la zanca tiene la forma del perfil del *astrágalo* (fig. 935).

Zancas mixtas de hierro y estuco. — Imitando la piedra, se hacen zancas de hierro revestidas por completo con estuco (fig. 945). La única dificultad consiste en poder asegurar la adherencia del yeso con el metal, lo que se consigue abriendo en la zanca y en las cantoneras agujeros distanciados unos 10 cm y formando un esqueleto metálico con trozos de cuadradillos y alambres gruesos. Muchas veces se sostiene el enlucido con dos o tres filas de cuadradillos, como se ve en la figura.

Fig. 946. Empalme de una zanca aplantillada.

Empalmes de las zancas. — El empalme de dos trozos de zanca recortados en forma de cremallera se hace por medio de una cubrejunta. El empalme puede hacerse en el punto más débil (figu-

ra 946), pero es preferible efectuarlo donde tenga mayor sección la zanca.

Zancas caladas. — En las escaleras metálicas que deben quedar a la vista y sin cielorraso, se emplean algunas veces zancas caladas con dibujos (figura 947). En otros casos, en las escaleras de las fábricas, por ejemplo, las zancas son verdaderas vigas de celosía (figura 948). Se construyen también zancas con sencillos hierros en **⊏** a los que se remachan cantoneras que sostienen los peldaños (figura 949). Por último, la zanca puede ser un hierro en **L** (figura 950), en **⊏** o en **I**, con una

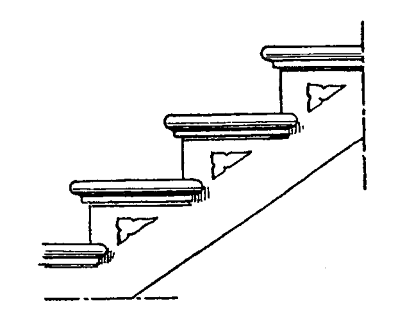


Fig. 947.—Zanca calada.

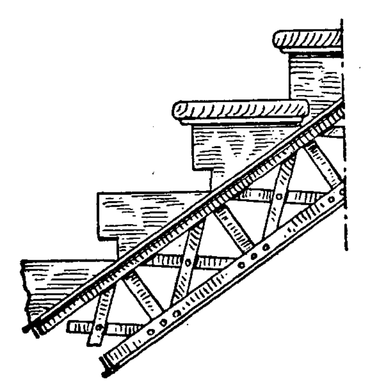


Fig. 948.
Zanca de celosía.

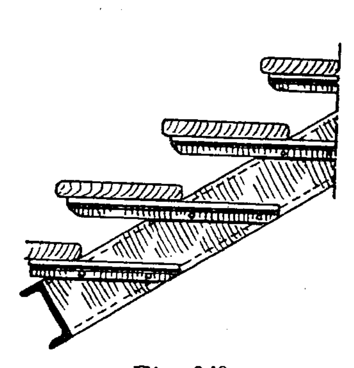


Fig. 949.
Zanca de hierro en **⊏**.

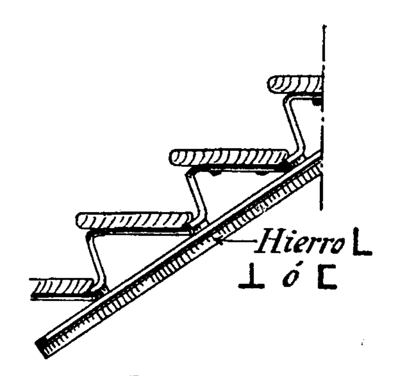


Fig. 950.
Zanca de hierro en ángulo.

cremallera de hierro plano acodillado donde asientan los escalones.

Falsas zancas.—Las zancas que van adosadas al muro o *falsas zancas* no son casi nunca aparentes, pudiéndose emplear también la disposición de la figura 950. Pero lo más práctico es construirla con recortes de palastro remachados a un hierro plano: en las escaleras no compensadas, los trozos sobrantes del recortado de la zanca exterior pueden servir para construir la falsa zanca (fig. 951). Este tipo de zanca no ocasiona desperdicio de material, y dando 16 ó 20 cm a la distancia exterior entre las dos cantoneras se obtiene una resistencia suficiente.

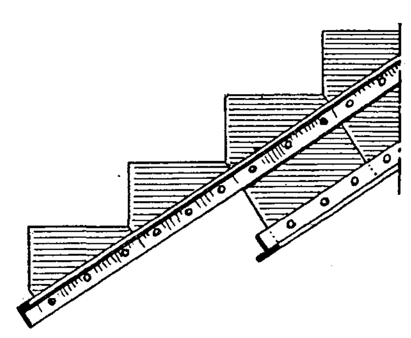


Fig. 951.
Falsa zanca, construída con los recortes de la zanca exterior.

Peldaños.—Los peldaños pueden ser de arista viva, con ángulos redondeados o con astrágalo. Su construcción es muy variada, pero solamente estudiaremos los tipos principales.

PELDAÑOS DE HIERRO Y FÁBRICA.—Generalmente carecen de zancas y se emplean entre dos muros; es el tipo que conviene para las escaleras de servicio en los teatros, pues su incombustibilidad es casi absoluta, dentro de lo posible. Estos peldaños, para el ancho de un metro, se arman con dos cantoneras de 40 × 40 mm; la superior forma el borde del peldaño y la inferior está provista de agujeros en los que se introducen los cuadradillos destinados a formar la armadura del forjado (fig. 952); el interior se rellena con gravilla y fragmentos de piedra trabados con yeso o con mortero, según el sitio donde se construyan. Las dos cantoneras están empotradas en los muros por sus dos extremos y la superior lleva dos o tres patillas que la ligan con la fábrica.

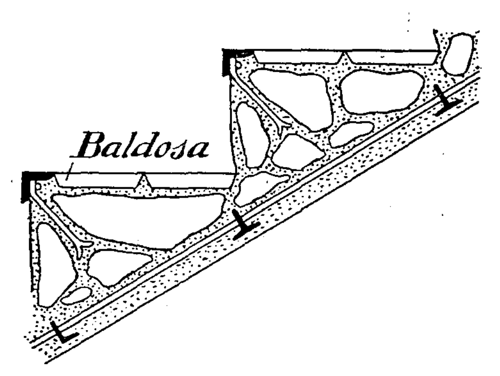


Fig. 952.
Escalones de hierro y fábrica.

También se puede reemplazar la cantonera inferior por un hierro en ⊥ de 35 × 40 mm colocado con el alma hacia arriba y cuyas alas sostienen tejas planas de cualquier clase; el conjunto se forja como acaba de decirse y por la parte inferior se construye un cielorraso.

Si se quiere obtener una arista menos viva, basta colocar en el borde del peldaño una mediacaña de hierro de 30 × 14 mm, aproximadamente.

La huella de estos peldaños está formada por un embaldosado (baldosas cuadradas o exagonales) o con cemento de superficie estriada.

Se comprende que el ejemplo que precede puede aplicarse también a zancas de hierro (sean a la francesa, sean aplantilladas); el empotramiento de la contrahuella se reemplaza por ensambladuras con escuadras y tornillos.

PELDAÑOS DE MÁRMOL. — La contrahuella destinada a recibir una huella de piedra o de mármol se construye con un palastro de 3 ó 4 mm de grueso y altura igual a la del peldaño menos el espesor de la losa (que varía entre 6 y 8 cm), reforzada en su parte superior por una cantonera de 30 × 30 mm remachada con roblones de cabeza exterior perdida y cabeza interior avellanada, si los peldaños quedan aparentes por debajo.

Uno de los extremos de la contrahuella se ensambla a la zanca y el otro va empotrado en el muro una longitud de 10 cm; la parte empotrada forma cola de carpa para que agarre bien en el muro.

Otra cantonera de 50 × 30 mm (también sujeta con escuadra a la zanca y empotrada por el otro extremo) contribuye con la contrahuella a sostener el peldaño. Si la parte inferior de la escalera debe quedar aparente, se puede disponer la segunda cantonera tal

como se ve en la huella del segundo peldaño de la figura 953. Si la escalera lleva cielorraso, dicha cantonera va provista de ganchos para la suspensión de los cuadradillos.

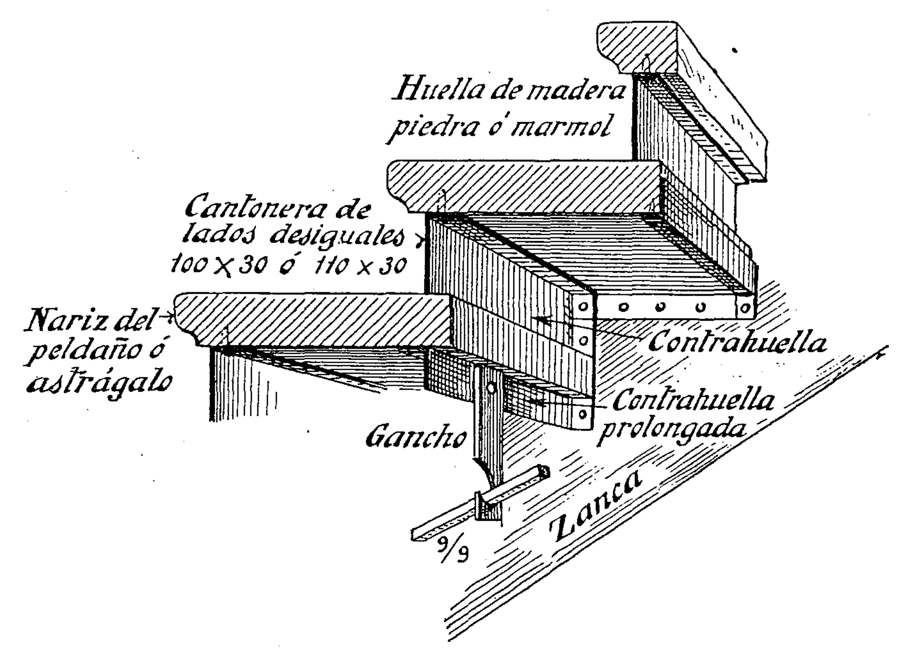
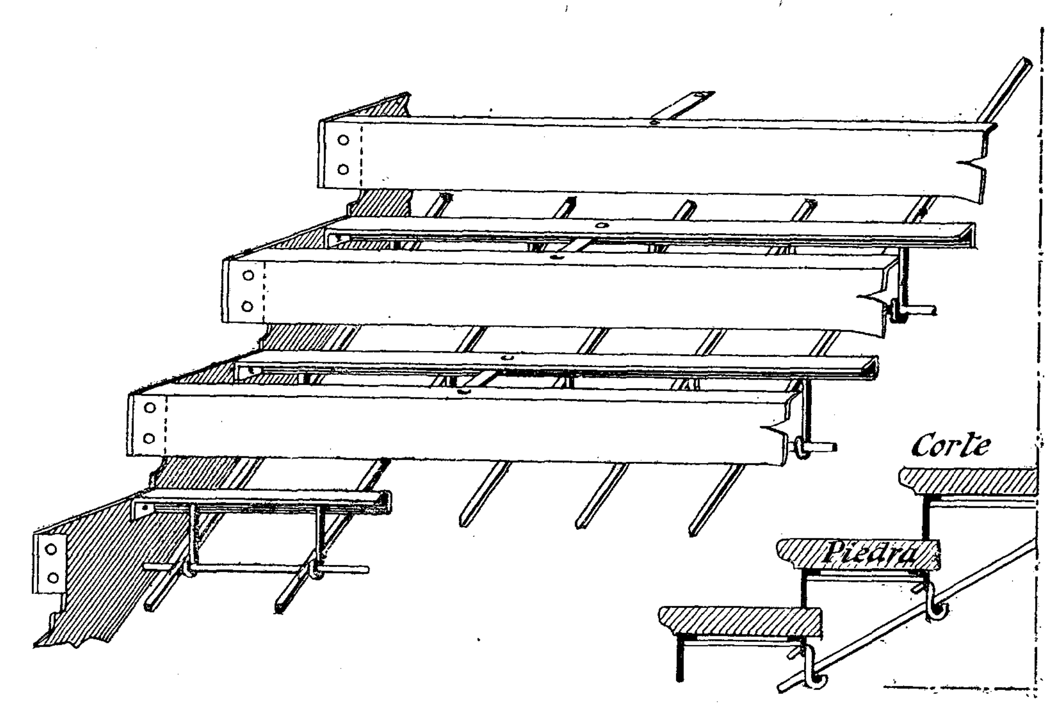


Fig. 953.—Peldaños de piedra.

Estas suspensiones son de hierro plano (fig. 953) o de hierros redondos o cuadrados (figs. 954 a 957).

El perfil recortado de la zanca, en un trabajo bien hecho, está reforzado en toda su longitud por cantoneras de 30 × 30 mm



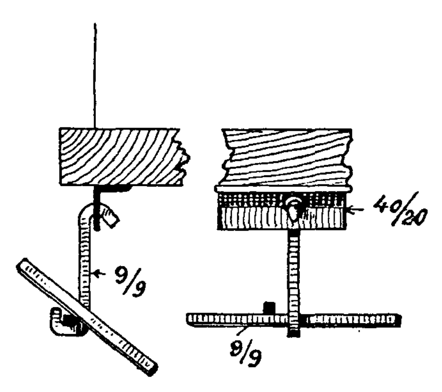
Figs. 954 y 955.—Armazón metálica de una escalera con peldaños de mármol.

sobre las que se apoyan los peldaños como sobre un marco (fig. 953).

Para fijar la huella es suficiente encajar el lado de ella que descansa en la segunda cantonera, entre ésta y la contrahuella, y empo-

trar en el muro el lado opuesto a la zanca. Cuando se quiere que los peldaños sean desmontables, se fijan dos clavijas en la cantonera de la contrahuella y en la losa se practican dos orificios para alojar dichas clavijas; se introduce la losa entre la contrahuella y la cantonera inferior, asentándola de modo que las clavijas penetren en los orificios y la huella no pueda desplazarse.

La figura 954 representa la disposición del conjunto de una escalera de hierro, preparada para recibir huellas de piedra; la figura 955 es un corte longitudinal de la misma. El cielorraso va sostenido por cuadradillos que están fijados a la prolongación de la contrahuella por medio de ganchos de hierros redondos del mismo grueso que los cuadradillos. En el ejemplo que damos en las figuras 956 y 957 los ganchos sostienen un cuadradillo transversal donde apoyan hierros longitudinales.



Figs. 956 y 957.
Suspensión de los cuadradillos para armar el cielorraso.

Se puede evitar el cuadradillo transversal empleando ganchos con los extremos acodillados en planos perpendiculares entre sí; entonces los cuadradillos longitudinales se apoyan directamente en los ganchos.

Durante la colocación, es necesario casi siempre fijar los cuadradillos en su sitio, por lo menos provisionalmente, hasta que se efectúe el forjado, recurriendo a ligaduras de alambres.

Otra solución consiste en formar la contrahuella con hierros en ⊐ de dimensiones convenientes (160 mm de altura, aproximadamente) empotrados por sus extremos en los muros, como indica la figura 958. Una losa de piedra (algo rebajada en la parte posterior, si hay necesidad, para salvar el grueso del ala del hierro ⊐) sea poya sencillamente en los hierros y se entrega en los muros. Estos peldaños pueden dejarse aparentes por debajo o cubrirse con un cielorraso; en este último caso, basta fijar a la contrahuella, ganchos para la suspensión de los cuadradillos de la armadura, espaciados de 20 a 25 cm.

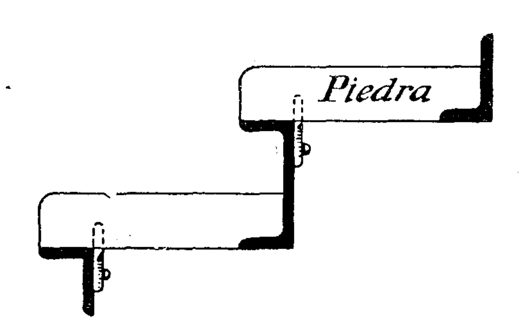


Fig. 958.
Contrahuellas de hierros en ⊐.

Peldaños de madera.—En la figura 959 representamos una escalera con peldaños de madera, sobre zancas constituídas por una jácena con cremallera de hierros planos; los peldaños se fijan con tornillos (ya de rosca de lima, ya con tuerca) y son fácilmente desmontables. En este caso, el elemento resistente es la contrahuella.

La figura 960 muestra una escalera con peldaños de madera sobre zancas rectas o a la francesa; las huellas se apoyan sencilla-

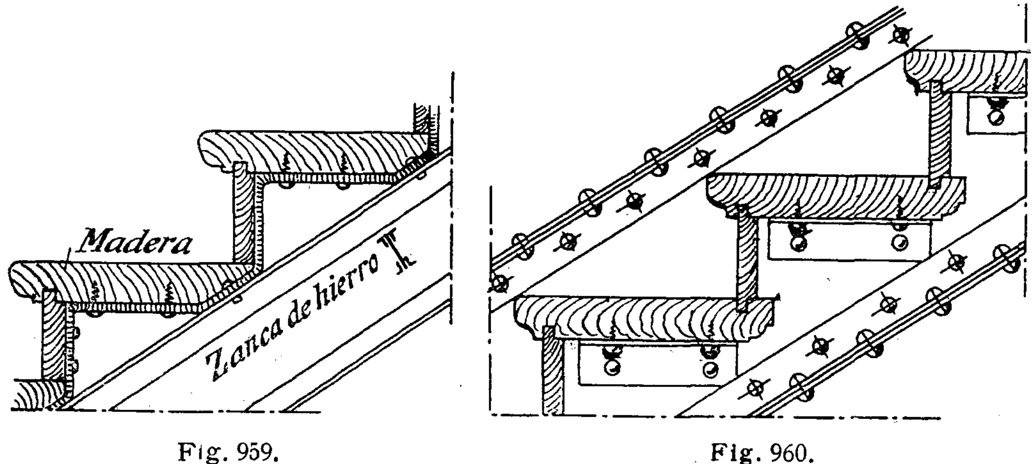


Fig. 959.
Peldaño de madera sobre zancas de cremallera.

Fig. 960.
Peldaños de madera, en una escalera con zancas a la francesa.

mente sobre hierros angulares fijados con roblones o con pernos a la zanca. Si existen dos zancas, es menester que ambas, o por lo menos una de ellas, carezcan de cantonera en la parte superior interna, sin lo cual no podría entrar la huella; es necesario, pues, que el perfil de la zanca sea como el representado en la figura 961.

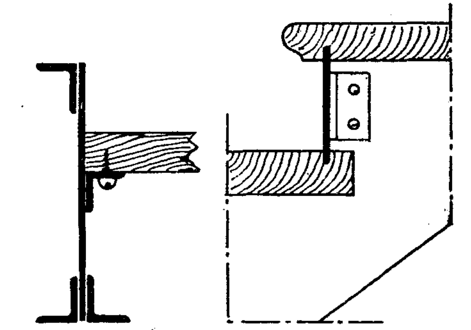
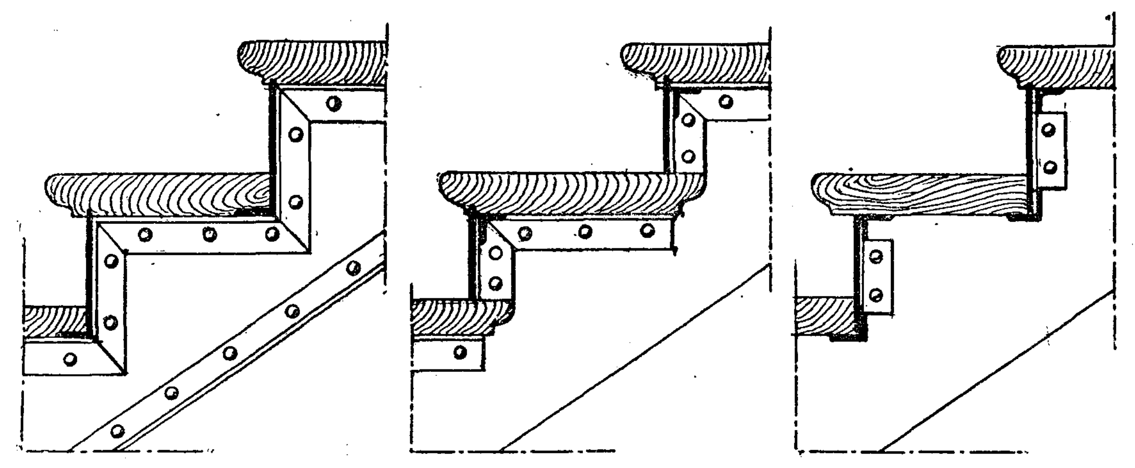


Fig. 961.—Sección de zanca para escalera con dos zancas a la francesa.

Fig. 962.—Peldaños mixtos de madera y hierro.

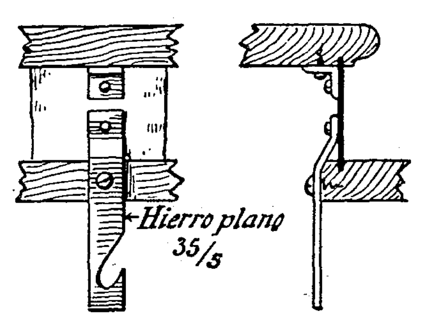
PELDAÑOS MIXTOS DE MADERA Y HIERRO.—*Si la escalera ha de quedar aparente por debajo,* la construcción más sencilla es la que representamos en la figura 962, que consta de una contrahuella de palastro (de 3,5 ó 4 mm de espesor) y una huella de ma-



Figs. 963, 964 y 965.
Tipos diversos de peldaños mixtos de madera y hierro para escaleras sin cielorraso.

dera (de 4 a 5,5 cm de grueso); la contrahuella penetra en rebajos de la madera. En las figuras 963, 964 y 965 damos otras variantes.

Si la escalera debe tener cielorraso, se puede construir el peldaño del modo siguiente: la contrahuella de palastro—de 3 a 3,5 mm de espesor — sobresale unos 6 mm del perfil de la zanca, y esta diferencia viene a introducirse en una ranura practicada longitudinalmente en la huella; por arriba, lleva la contrahuella tres orejas constituídas por trozos de cantonera (perfil de 35 × 35 mm y longitud de 4 cm, poco más o menos) remachados y con agujeros para dar paso a los tornillos que fijan la huella de madera (figs. 966 y 967). Por debajo lleva tres ganchos acodillados—para suspender los cuadradillos del cielo-



Figs. 966 y 967. — Suspensión de los cuadradillos del cielorraso, en escaleras con peldaños de madera y hierro.

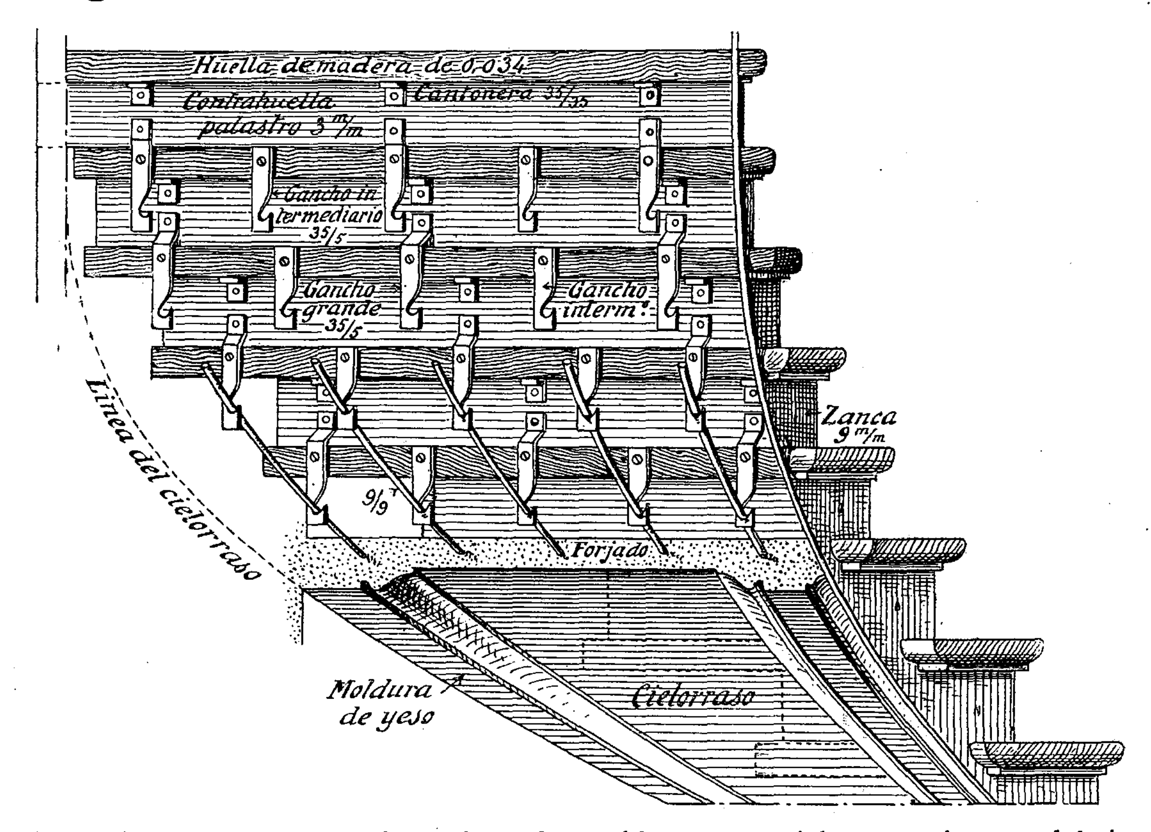


Fig. 968.—Escalera con peldaños de madera y hierro y con cielorraso, vista por debajo.

rraso—y a ellos se fija también, con tornillos, la huella. La figura 968 representa la disposición de conjunto de este tipo de escalera; para completar la suspensión de los cuadradillos, se colocan entre los ganchos principales otros intermedios (representados en detalle por las figuras 969 y 970), que se fijan en las huellas de madera.



Figs. 969 y 970. — Ganchos intermedios de suspensión del cielorraso, para la escalera de la figura anterior.

Es inútil insistir en las ventajas que presenta la *posibilidad de cambiar los peldaños que se hayan desgastado* por el uso, sin necesidad de atacar la fábrica. La combina-

ción más económica para conseguirlo es la que representamos en la figura 971, de construcción casi idéntica a la precedente, pero cuya huella descansa además sobre una segunda cantonera de 40 × 20 mm y falsa zanca; toda la suspensión de los cuadradillos pende de esta

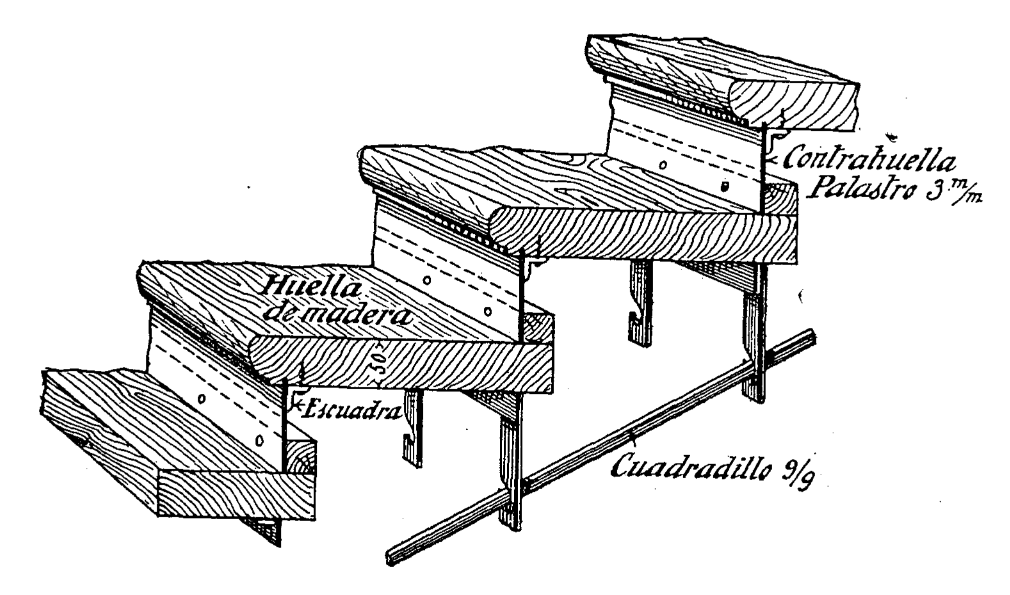


Fig. 971.—Escalera con peldaños mixtos de recambio.

segunda cantonera. Como en el caso precedente, la contrahuella rebasa la parte horizontal del perfil de la zanca y la huella también está engargolada, llevando en la parte posterior un listón de encina de 3 × 3 cm de escuadría y 50 cm de longitud clavado a la huella. Las tres escuadras que ensamblan la contrahuella con la huella están fijadas a esta última. Para desmontar un peldaño, se empieza por destornillar los dos extremos (ensamblados a la zanca) de la contrahuella situada encima de la huella que se quiere desmontar, luego se quitan los tres tornillos que sujetan dicha contrahuella a las tres escuadras de la huella superior, así como los dos que fijan la parte inferior de esta contrahuella al listón. Se podrá sacar entonces la contrahuella superior de modo que baste destornillar los tres tornillos que hay en la parte alta de la contrahuella inferior para poder sacar la huella, que queda entonces libre.

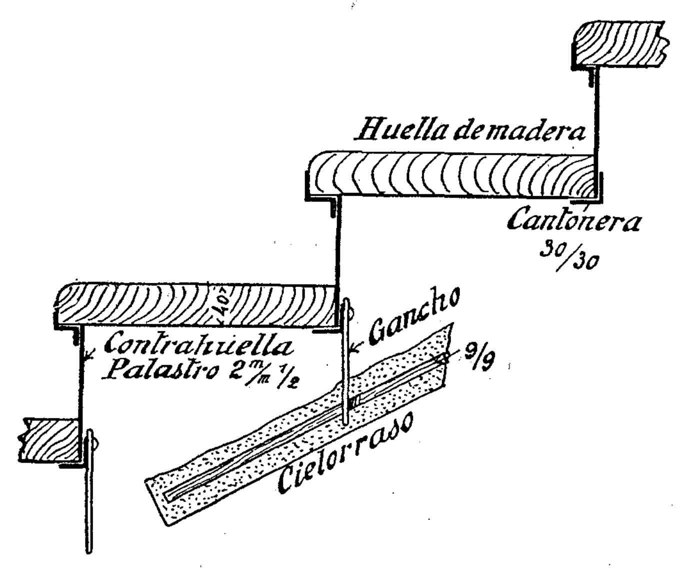


Fig. 972.
Escalera con peldaños mixtos de recambio.

La figura 972 es otro ejemplo de escalera con peldaños de recambio, cuya contrahuella—ensamblada también a dos zancas—consta

de un alma bordeada por un hierro ┛ arriba y una cantonera abajo en la cual se remachan dos clavijas. Estas se introducen en la huella que, por delante, se fija al hierro ┛ con tornillos.

Otro modelo de escalera con peldaños de recambio muestra la figura 973; la contrahuella consta: de una cantonera de 110 × 30 (alas desiguales), reforzada en la parte superior con otra de 25 × 25, o también de un palastro y dos cantoneras, o sencillamente de la cantonera de 110 × 30 con el ala pequeña en la parte superior; en este último caso, debajo de la huella se coloca una segunda cantonera de 40 × × 20 mm.

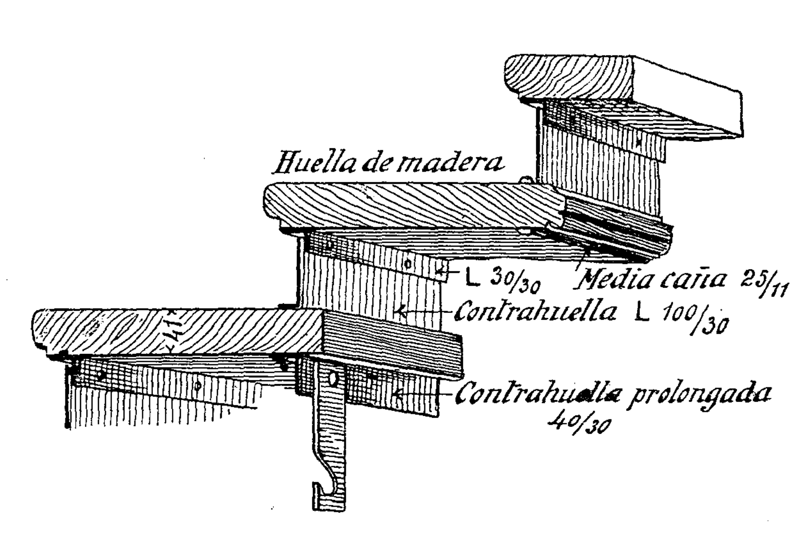


Fig. 973. — Escalera con peldaños mixtos de recambio.

Para desmontar la huella, basta destornillar, pues, los cuatro tornillos que la retienen.

Para terminar este punto, describiremos el modelo representado en la figura 974. La contrahuella está formada por un angular de 100 × 30, 110 × 32 ó 135 × 32 mm (según la altura de contrahuella)

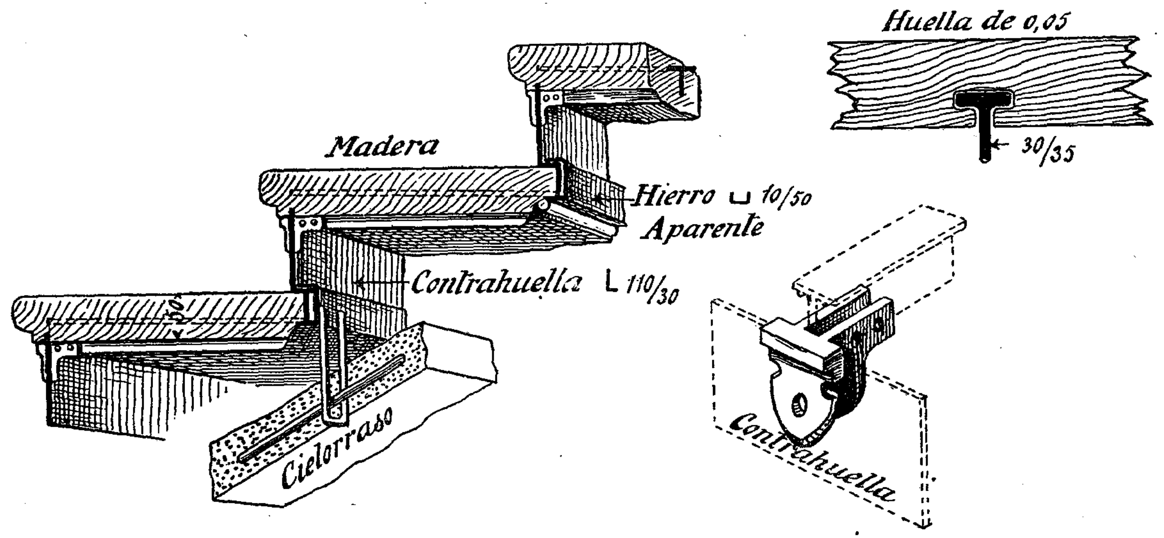


Fig. 974.—Escalera con peldaños mixtos de recambio.

Figs. 975 y 976.—Detalles de la escalera representada en la figura anterior.

ensamblado con un hierro en] de 50 × 30 mm. La suspensión de los cuadradillos se hace como en los demás sistemas. La huella es de construcción especial: tiene tres ranuras transversales en forma de T, donde se alojan hierros en T de 30 × 35 (fig. 975) que impiden a la huella alabearse aunque permitiéndole que se contraiga y dilate libremente, siguiendo las variaciones atmosféricas. Este sistema

puede emplearse con mucha utilidad cuando la caja de la escalera tiene calefacción. La parte anterior del hierro en T está guarnecida con una grapa de horquilla remachada a dicho hierro y fijada a la contrahuella (fig. 976); el extremo posterior se apoya en el hierro ⊐.

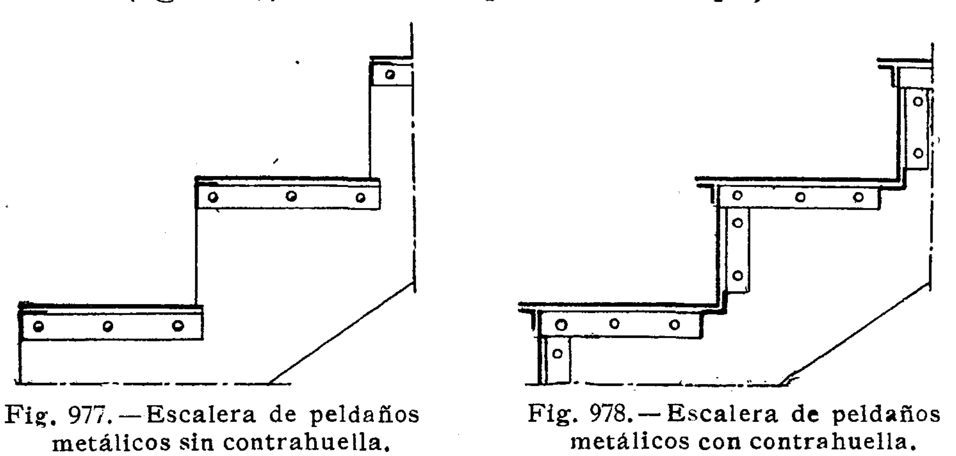


Fig. 977.—Escalera de peldaños metálicos sin contrahuella.

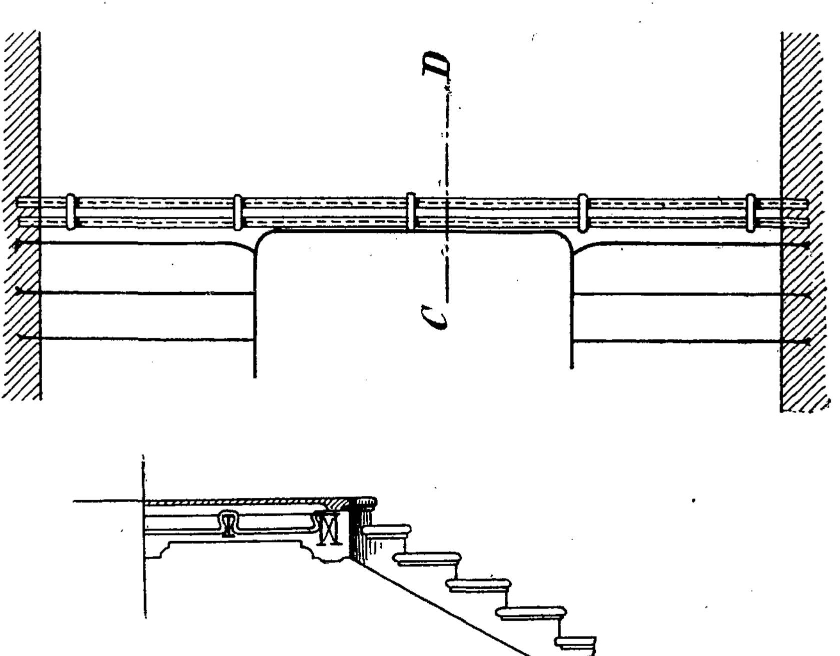
Fig. 978.—Escalera de peldaños metálicos con contrahuella.

Para desmontar la huella, es suficiente quitar los tornillos que fijan las grapas.

Peldaños de hierro.—La huella se construye ordinariamente de palastro estriado, que es más seguro para el tránsito. El caso más sencillo es el de peldaños sin contrahuella; el palastro estriado lleva el borde armado con una cantonera y se ensambla a las zancas por medio de cantoneras (fig. 977).

Cuando tienen contrahuella, la huella lleva dos cantoneras (figura 978). La escalera construída de esta manera puede tener cielorraso.

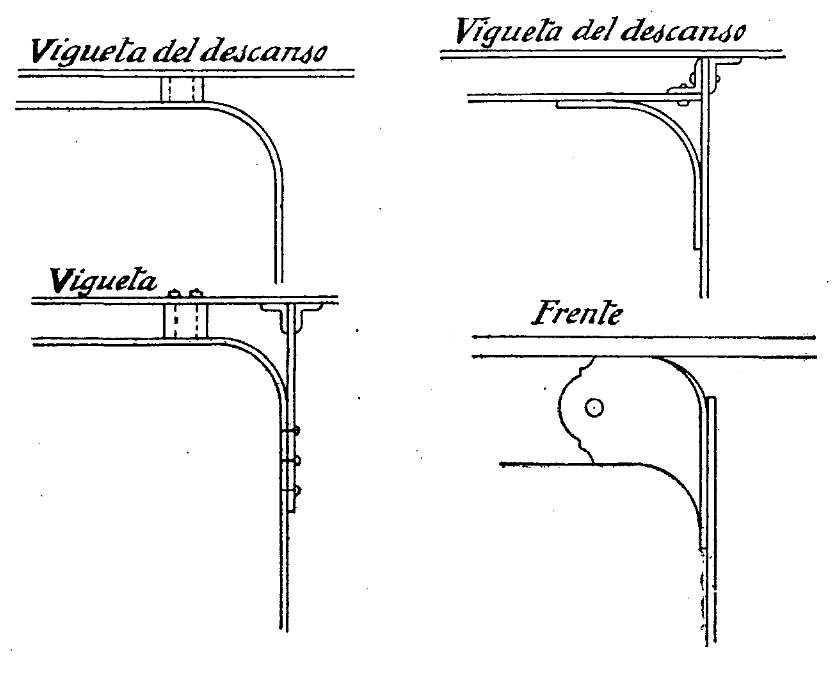
La huella de palastro estriado no se emplea apenas más que en las escaleras de talleres, en las exteriores, en escalinatas, etc.



Figs. 979 y 980.—Planta y sección transversal del entramado de un descanso recto.

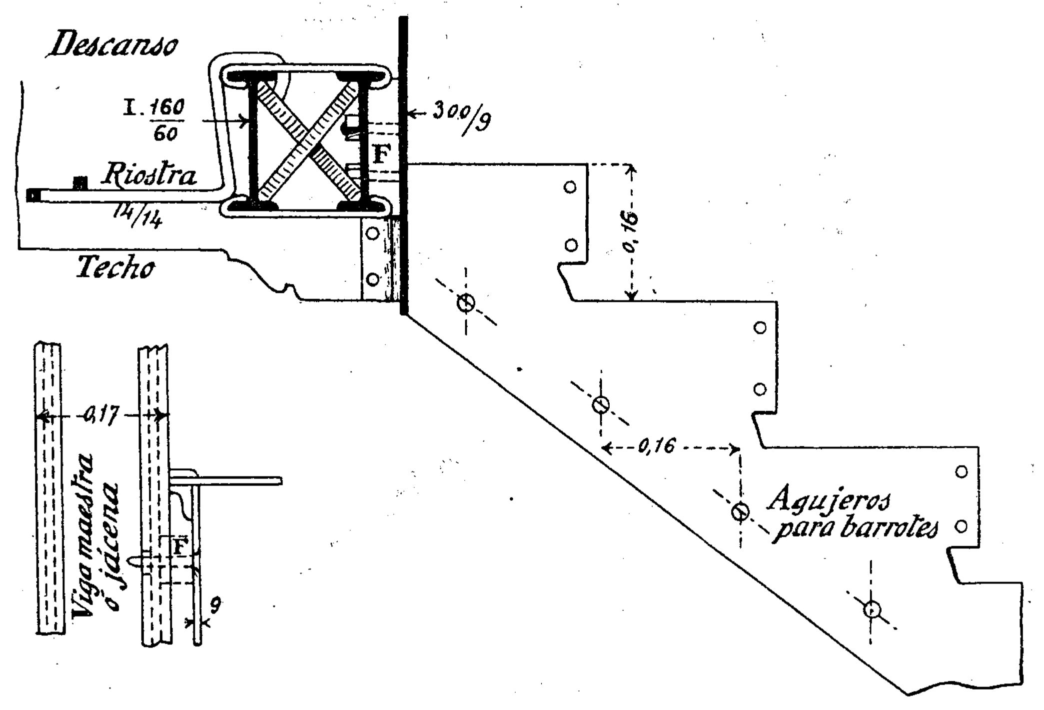
Descansos rectos. — Los descansos rectos (figs. 979 y 980) se componen de una jácena formada de dos hierros en I, acoplados mediante un arriostramiento análogo al que se ha representado en la figura 870. El resto del descanso se construye como un suelo ordinario; según el espesor que deba tener,

Ensambladuras de las zancas en los descansos.—En casi todas las aplicaciones del hierro a las escaleras se busca, dentro de lo posible, darles el aspecto de las de madera, y así se redondean los ángulos como si se tratase de una zanca tallada en un bloque de madera. Claro es que esta suavidad de líneas en planta es graciosa, pero se comprende que, al arquearla, la zanca de hierro (figura 987) hace de resorte y trabaja en malas condiciones. Para obviar este inconveniente se recurre a dos medios: o se liga la zanca curvada con una chapa de igual espesor que va a ensamblarse a la vigueta del descanso (fig. 988), o bien se construye



Figs. 987 y 988.
Ensambladuras de las zancas en los descansos.

Figs. 989 y 990.
Ensambladura de la zanca con el descanso (planta y alzado).



Figs. 991 y 992.—Ensambladura de zanca a escuadra con el descanso.

la zanca recta del modo ordinario añadiendo un palastro de poco espesor recortado decorativamente en los extremos (figs. 989 y 990) para imitar la vuelta del tramo.

Por último, si la ensambladura se hace francamente a escuadra, como en las figuras 991 y 992, la zanca descansa contra la jácena ensamblándose a esta última y a la zanca horizontal *F* por fuertes escuadras. Si, por el contrario, se curva ésta, es continua, y la parte horizontal es la que se ensambla directamente a la jácena por medio de tornillos y riostras de fundición (figura 993).

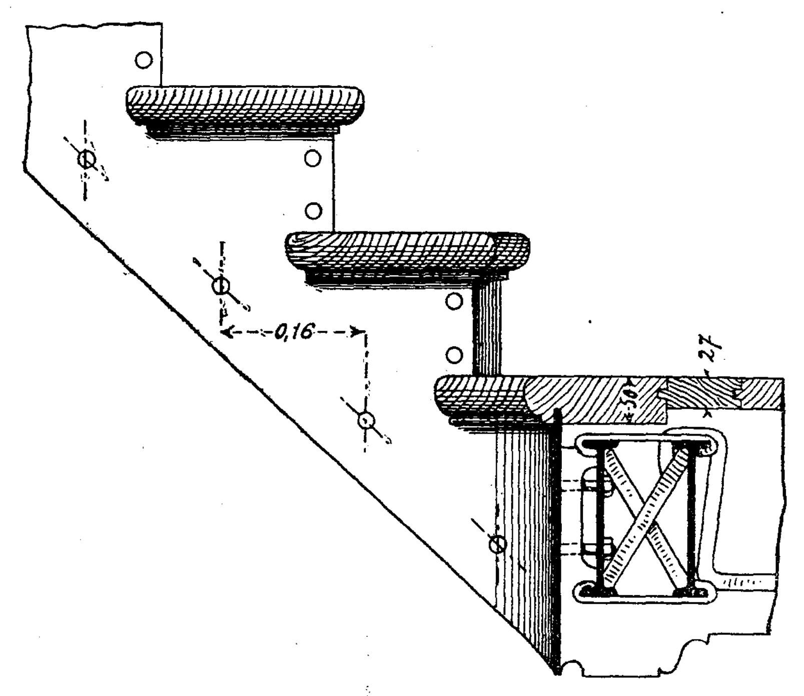
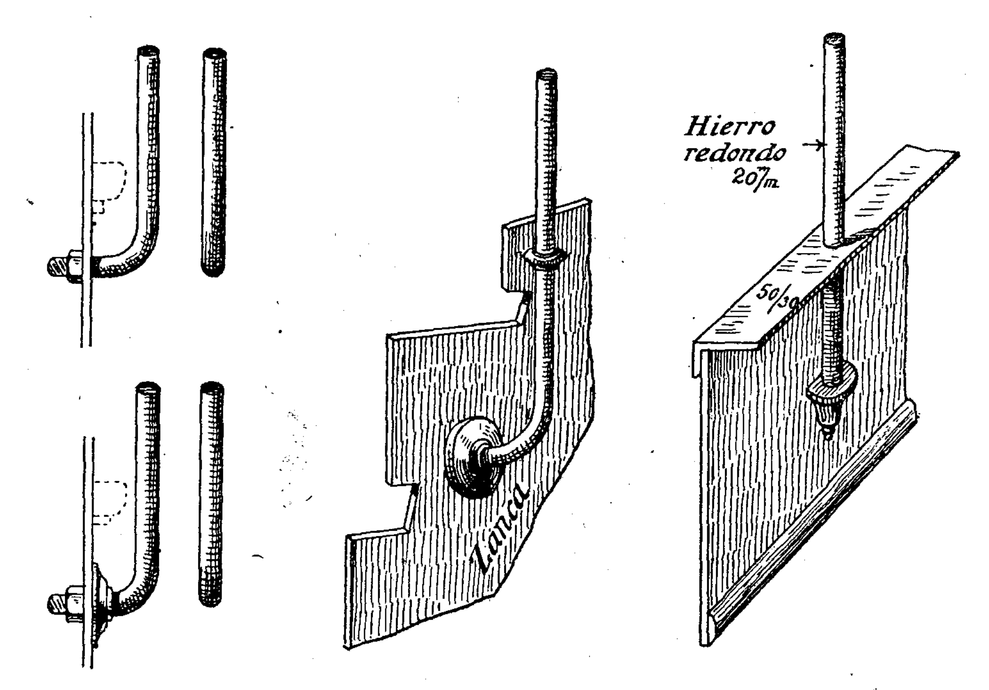


Fig. 993.—Ensambladura de una zanca con el descanso, cuando aquélla es curvada.

Barandillas y pasamanos. — Todas las escaleras que no están dispuestas entre muros van provistas de una barandilla.

La barandilla se hace con barrotes o con un relleno y se corona



Figs. 994 a 998.—Barrotes de cuello de cisne con florones de fundición o sin ellos.

Fig. 999.—Barrotes rectos con pie de fondo de lámpara.

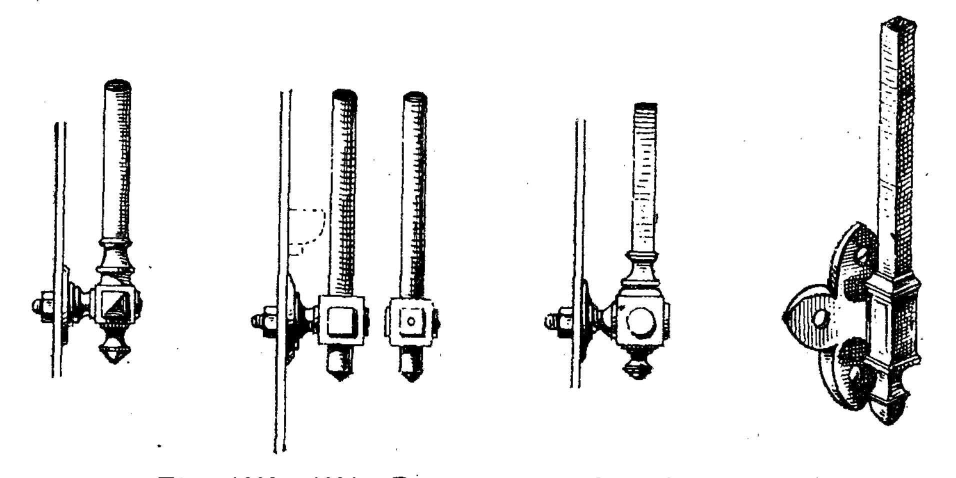
con un pasamanos, empezando casi siempre con una pilastra y a veces con un remate de consola invertida.

Barrotes de cuello de cisne.—Estos barrotes (figs. 994 a 998)

son generalmente de hierro redondo, encorvados en su extremo inferior, con un radio de unos 6 cm, terminando en una porción fileteada de 12 ó 14 mm de diámetro, según el que tenga el hierro, para sujetarlos con una tuerca en la zanca. Las figuras 996 y 998 representan la misma disposición, pero con florones de fundición. Los barrotes que se emplean en las barandillas varían entre 16 y 20 mm de diámetro, y su separación, por término medio, es de 16 cm. Recordaremos que la altura de la barandilla (véase página 258) desde la huella hasta el pasamanos debe ser de un metro, medido verticalmente.

Barrotes rectos. — Esta disposición (fig. 999) resulta muy sólida; el barrote atraviesa la cantonera que bordea la zanca—por un agujero oblicuo preparado a propósito—y va a apoyarse en un bolillo o fondo de lámpara, de fundición, fijado a la zanca.

Barrotes montados en pezones. — El pezón ordinario del comercio es de fundición, y tiene un orificio roscado al que se ator-



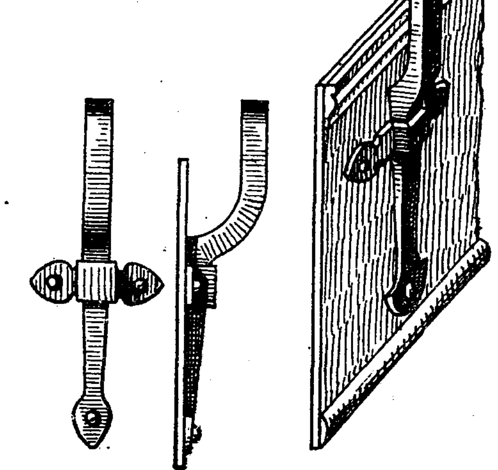
Figs. 1000 a 1004. — Barrotes montados sobre pezones.

nilla el barrote (fig. 1000). Estas barandillas son poco sólidas y es necesario consolidarlas por medio de collares atravesados por los barrotes y fijados a los peldaños por patillas; ordinariamente, se ponen cinco en un piso de 3,10 m de altura.

Las figuras 1001 y 1002 representan esquemáticamente un pezón de mayor solidez, que puede ser más o menos decorado; el barrote atraviesa el pezón, donde se sujeta con rosca o con clavija y puede rematarse inferiormente con un adorno. La figura 1003 es un pezón del mismo género que el anterior, pero para barrotes de hierro cuadrado. En todos los ejemplos que hemos dado anteriormente se fijan los barrotes por el interior de la zanca, después de hecho el forjado del cielorraso, lo que produce grietas en éste. Si en vez de los del comercio, se emplean pezones de modelo especial, con un platillo de ensamble provisto de tres o cuatro orejas (figura 1004) que se fija con tornillos desde el exterior, la barandilla resulta entonces completamente desmontable, y las reparaciones más sencillas.

Barrotes fijados con grapas.—Son acodillados, con cierto adelgazamiento en su extremo inferior (figs. 1005 a 1007); por debajo del codo se fija el barrote a la zanca con una grapa y dos gruesos tornillos, y la parte inferior se sujeta con otro tornillo.

Este sistema puede emplearse en las barandillas de tableros, fijando de trecho en trecho barrotes o montantes de hierro plano (de 18 × 25 mm, por ejemplo), enlazados por travesaños (si se trata de una barandilla ligera), o por paneles de hierro forjado. Los barrotes cuadrados presentan mayor consistencia que los redondos; a pesar de esto, se les da generalmente el mismo grueso, 16 ó 20 mm.

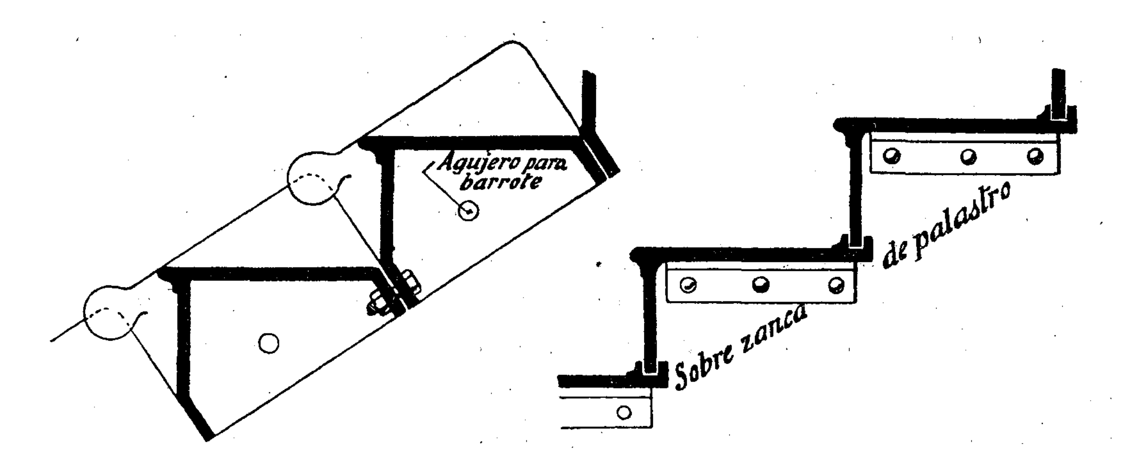


Figs. 1005 a 1007.
Barrote fijado con estribo.

Cuando los montantes han de enlazarse por travesaños, se hacen de barras planas colocadas de canto, empleando hierros de 15 × 25 ó 18 × 30 mm por término medio.

Escaleras de fundición.—Raras veces se emplea la fundición para construir escaleras rectas y de cierto ancho; sólo se hacen de fundición las escaleras de caracol pequeñas.

La fundición presenta la ventaja de que se presta a recibir cualquier forma, gracias al moldeo y, por consiguiente, permite una



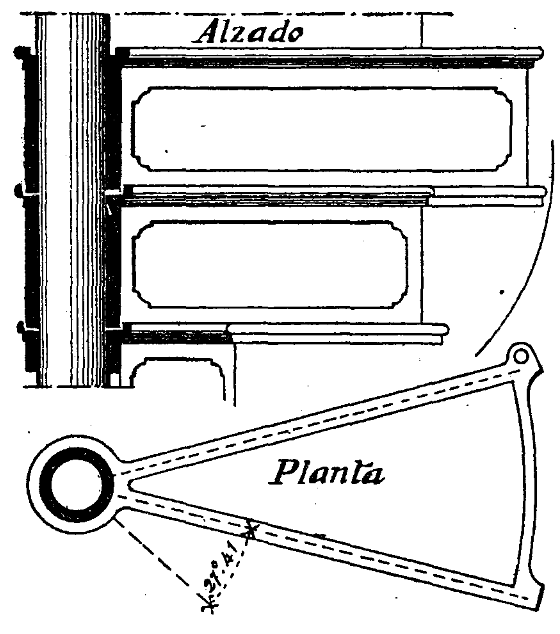
Figs. 1008 y 1009.—Peldaños de fundición.

decoración poco costosa, dado el número de piezas iguales que necesita una escalera de caracol.

Los peldaños rectos, como decimos, rara vez son de fundi-

ción por lo frágil de este metal; las figuras 1008 y 1009 muestran dos tipos.

Para las escaleras de caracol, tiene la fundición la ventaja de la gran facilidad de montura, como demuestran las figuras 1010 y 1011.



Figs. 1010 y 1011.
Escalera de caracol de fundición.

ARMADURAS METÁLICAS PARA CUBIERTAS

Se designan con el nombre de *armaduras metálicas* los esqueletos o armazones de hierro, destinados a soportar la cubierta de una construcción o de un edificio.

Pendiente de las cubiertas.—La pendiente o inclinación que hay que dar a las armaduras depende del material de cubierta que se adopte. Se llama pendiente el ángulo formado, por el plano inclinado de cada vertiente de una armadura, con el horizonte. Esta pendiente se expresa en grados, en metros, centímetros o milímetros por metro (es decir, por la altura de cateto vertical correspondiente a un metro de cateto horizontal, equivalente a la tangente trigonométrica del ángulo) o, finalmente, por la relación entre la altura de la armadura y su semiluz.

Además, para fijar la pendiente, hay que tener en cuenta el clima, pues, en los países donde abundan las lluvias y nieves, es forzoso dar a las cubiertas una gran inclinación. Sin embargo, no debe pasarse de un límite razonable en la pendiente, pues se comprende que, mientras más se aproxima la cubierta a la vertical, mayor desarrollo tiene y, por lo tanto, más crecido es su coste. En segundo término, hay que tener presente la capilaridad, que en muchos casos puede originar graves inconvenientes. Ciertos materiales, las pizarras y las tejas, por ejemplo, son esponjosos, se empapan con facilidad y el agua penetra por las juntas en gran extensión. Estos materiales necesitan, por lo tanto, mucha pendiente.

En resumen, la inclinación debe aumentar en razón directa de la porosidad de los materiales e inversa de su recubrimiento.

La pendiente de 45° es la que más conviene para las cubiertas de pizarras y de tejas planas. En la figura 748 (página 269) hemos dado las inclinaciones adecuadas para los distintos materiales de

cubiertas, indicando además el desarrollo correspondiente a las distintas pendientes.

Clasificación de las cubiertas.—Las cubiertas se dividen en dos grupos: las de superficie plana y las de superficie curva.

Al primer grupo corresponden: los *cobertizos, cubiertas de tejadillo* o *cubiertas de una vertiente* (fig. 1012); *cubiertas de dos aguas*

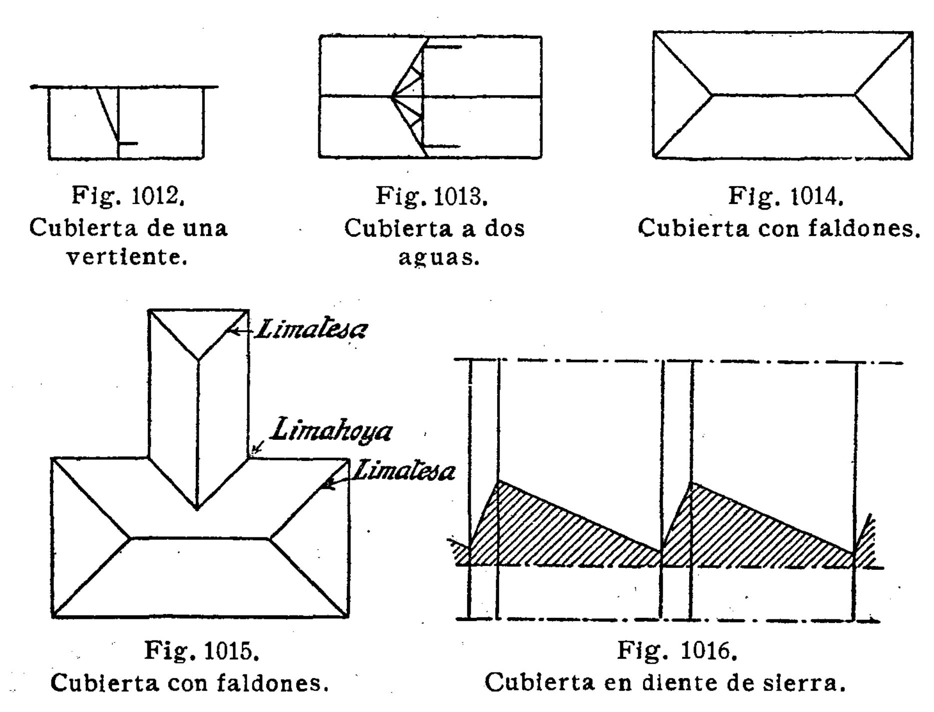


Fig. 1012. Cubierta de una vertiente.

Fig. 1013. Cubierta a dos aguas.

Fig. 1014. Cubierta con faldones.

Fig. 1015. Cubierta con faldones.

Fig. 1016. Cubierta en diente de sierra.

o *vertientes* (fig. 1013); *cubiertas de dos aguas con faldones* o *petos* (figs. 1014 y 1015); *cubiertas en diente de sierra* o de vertien-

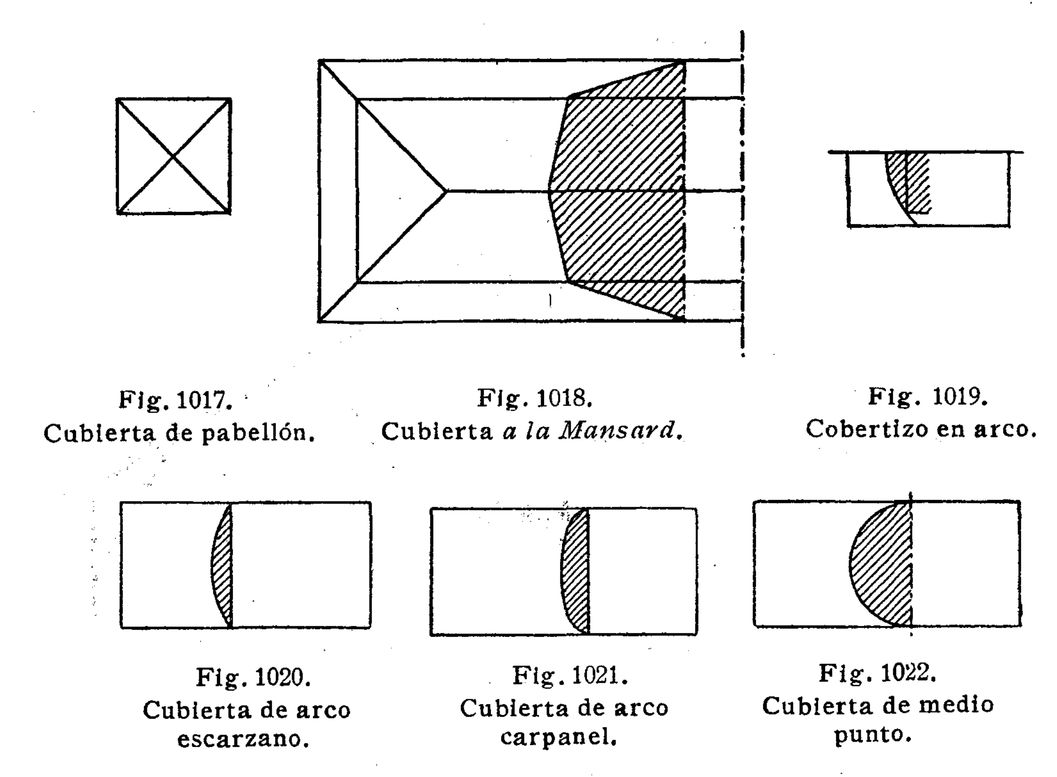


Fig. 1017. Cubierta de pabellón.

Fig. 1018. Cubierta *a la Mansard.*

Fig. 1019. Cobertizo en arco.

Fig. 1020. Cubierta de arco escarzano.

Fig. 1021. Cubierta de arco carpanel.

Fig. 1022. Cubierta de medio punto.

tes desiguales (fig. 1016); *cubiertas de pabellón* (fig. 1017); *cubiertas a la Mansard* (fig. 1018).

Las del segundo grupo pueden ser: *cobertizos en arco,* de curva regular o irregular (fig. 1019); *cubiertas de arco escarzano,* más o menos armadas (fig. 1020); de *arco carpanel* (fig. 1021); de *medio*

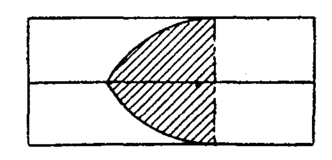


Fig. 1023.—Cubierta ojival.

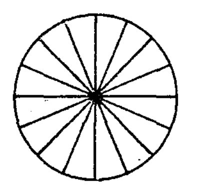


Fig. 1024.—Cúpula.

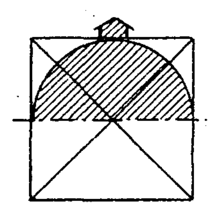


Fig. 1025.—Cúpula.

punto (fig. 1022); de *ojiva* (fig. 1023); y *cúpulas* sobre planta circular o poligonal (figs. 1024 y 1025).

Estructura de los entramados de cubierta.—El entramado de una cubierta se compone (figs. 1026 y 1027) de:

1.° *Cerchas,* que están formadas por *pares, tirantes, pendolón, bielas, tornapuntas, jabalcones,* etc.;

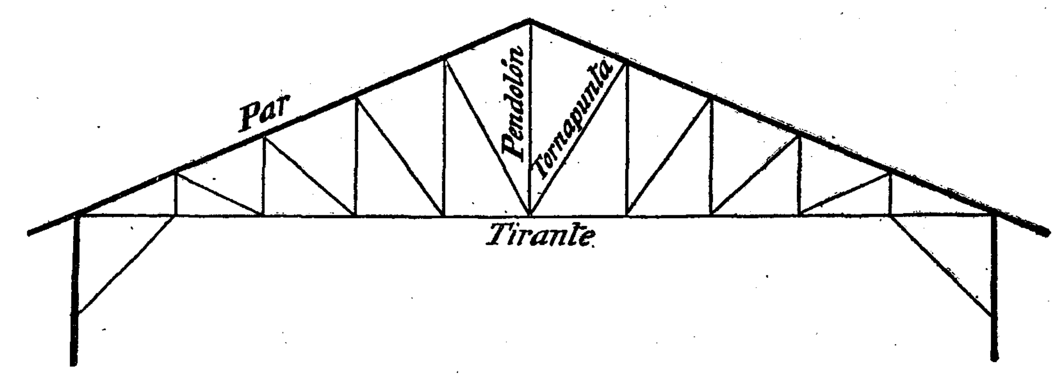


Fig. 1026.—Armadura inglesa.

2.° *Correas,* que son piezas que salvan el espacio comprendido entre las cerchas y las ligan entre sí;

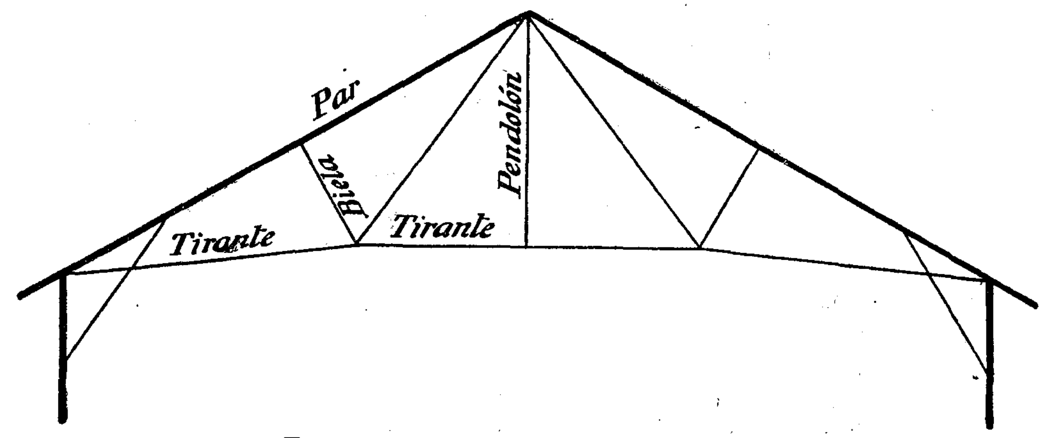


Fig. 1027.—Cercha sistema *Polonceau.*

3.° *Cabios,* que se apoyan en las correas y se colocan paralelamente a los pares de las cerchas;

4.° *Listones,* destinados a sostener las tejas y situados sobre los cabios, perpendicularmente a ellos (paralelamente a las correas);

5.° *Pares de limahoya,* piezas colocadas en los ángulos entrantes, que toman el mismo nombre y que hemos indicado en la figura 1015;

6.° *Pares de limatesa,* piezas que se colocan en los ángulos salientes (véase la figura 1015).

Armaduras para cobertizos o cubiertas de tejadillo.—Las cubiertas compuestas de una sola pendiente, es decir, las que no tienen más que una vertiente, se llaman *cobertizos.*

Los cobertizos están casi siempre adosados a un muro de mayor altura; y las medias cerchas empotradas en el muro se apoyan por el otro extremo sobre una carrera sostenida por columnas o también por otro muro.

El cobertizo metálico está constituído ordinariamente por pares de hierros en I, al alma de los cuales se ensamblan correas del mismo perfil pero de menor tamaño, como se ve en la figura 1028. Si la luz es grande, se puede apuntalar el par con una tornapunta

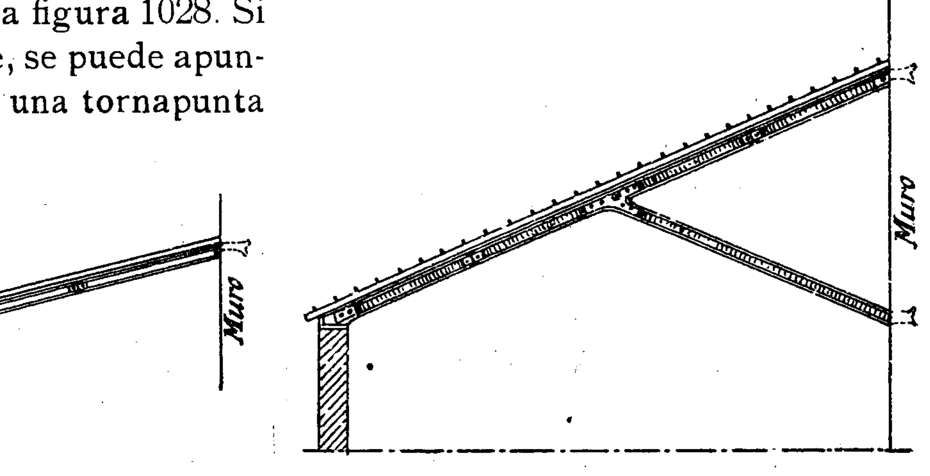


Fig. 1028.
Armadura sencilla para cobertizo.

Fig. 1029.
Armadura con tornapunta, para cobertizo.

(figura 1029) o construirlo como una viga de celosía. La cubierta puede ser de vidrio o de otro material adecuado. En el primer caso, los cabios—que son de hierro en ⊥—o los *baquetones* (cuando se empleán, véanse tipos en las páginas 220 y siguientes) se atornillan en las correas. Para cubrir con tejas, se colocan los cabios con una separación tanto mayor (de 0,80 a 2,50 m, o más) cuanto más gruesos sean los listones del enlatado; se pueden suprimir por completo los cabios, y también las correas, colocando más próximas las cerchas y arriostrándolas con algunos listones, para impedir que se alabeen los pares si la luz es muy grande. De ordinario, se da a los pares de las cerchas altura suficiente para ensamblar a ellos las correas sin que éstas ni los cabios rebasen la altura del par; cuando esto no sea posible, porque la separación de las cerchas exija correas de mucha altura, se practicarán rebajos en los cabios en los puntos donde cruzan sobre las correas.

Los cobertizos se emplean con frecuencia en los talleres, almacenes, etc.; en estos casos, están provistos de linterna (fig. 1030) y un piso colgado que sirve de techo y de trastera. Esta clase de armaduras tienen un tirante-cepo de hierros en I suspendido en el centro por un pendolón y sosteniendo las viguetas del piso, que pueden descansar sobre él o ensamblarse al mismo.

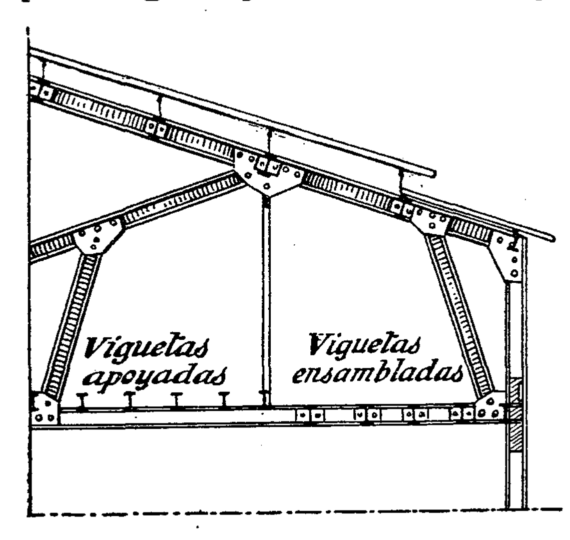


Fig. 1030.
Armadura para cobertizo, con linterna y piso colgado.

Las marquesinas son cobertizos que están empotrados en un muro o en una construcción cualquiera.

Cubiertas de dos aguas sin armaduras. — Para cubrir locales de poca longitud se apoyan en dos muros-piñón (fig. 1031) una hilera, dos carreras y varias correas, sobre las cuales se colocan los cabios; éstos no son necesarios en el caso de cubiertas de palastro ondulado. Cuando los muros-piñón están a mucha distancia, pero es pequeña la luz del local, se puede substituir la hilera por una verdadera jácena (figura 1032) donde apoyan los cabios, cuyo extremo inferior descansa en carreras metálicas.

Fig. 1031.—Armadura sin cerchas, constituída por una hilera, dos correas y dos carreras.

Según la clase de cubierta que se adopte, los cabios serán hierros en ⊥, baquetones para cubiertas de vidrio, hierros en I, o vigas de celosía si la luz es grande.

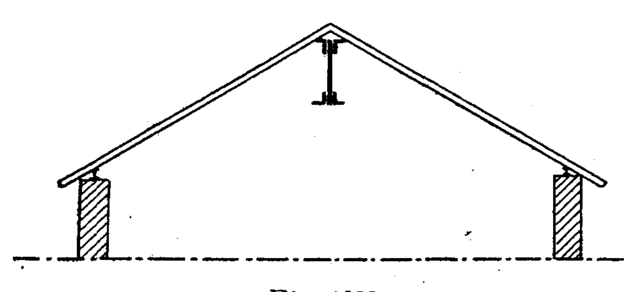


Fig. 1032.
Cubierta sin cerchas, hilera constituída por una jácena.

ARMADURAS CON LINTERNA.—Se emplean cuando el local está rodeado de muros, que impiden iluminarlo y ventilarlo lateralmente. El entramado consta de dos cumbreras (fig. 1033), separadas una distancia igual al ancho de la linterna y arriostradas entre sí, para resistir el empuje de los cabios. Estas cumbreras se empotran por sus dos extremos en los muros-piñón y soportan en la parte superior,

de metro en metro, montantes verticales en los que se apoya una carrera; las riostras sostienen en el punto medio otros montantes en que descansa la cumbrera de la linterna, y los cabios del envidrierado apoyan sobre la hilera de la linterna y sobre las carreras con un saliente necesario para impedir que penetre el agua azotada por el viento (este saliente se determina por la altura de los montantes considerando el viento a 45°). Pueden evitarse los montantes, empleando dos vigas de altura suficiente (fig. 1034) para obtener la elevación que requiere la linterna.

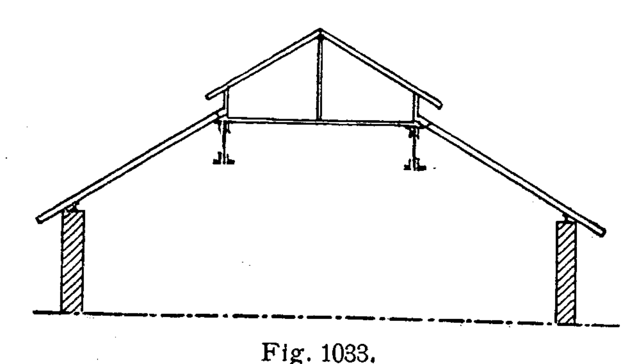


Fig. 1033.
Cubierta sin armaduras, con linterna.

La parte vertical de la linterna queda abierta ordinariamente, pero puede cerrarse, cuando convenga, por medio de bastidores con cristales, que se abren con charnelas o con fuelles.

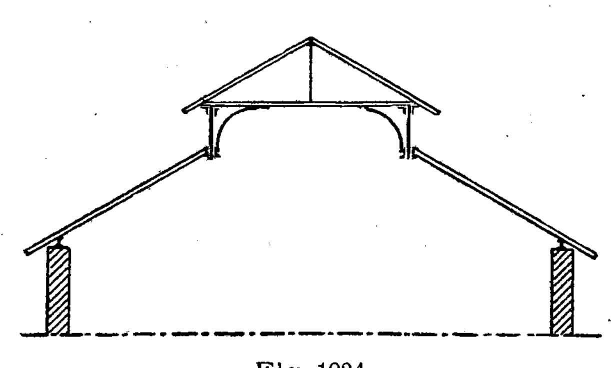


Fig. 1034.
Cubierta sin armaduras, con linterna.

ENTRAMADOS DE CUBIERTA CONSTITUÍDOS POR VIGAS. —Supongamos el caso de un espacio muy largo, con respecto a su ancho, e imaginemos que los muros no puedan resistir más que cargas verticales. No podrá utilizarse una hilera, como en los casos anteriores, porque sería excesiva su luz; de modo que si no quiere resolverse el problema empleando cerchas, habrá que recurrir al siguiente procedimiento: colóquense a distancias convenientes, de tres a cuatro metros por término medio, hierros en I o viguetas compuestas, sobre las que apoyarán una serie de montantes (figura 1035). El montante central sostiene la hilera y los otros las correas (espaciadas de 0,80 a 1,90 m, según la clase de cubierta y la importancia del conjunto).

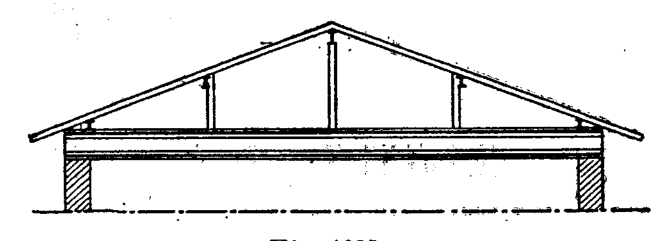


Fig. 1035.
Cubierta sobre entramado de vigas.

Así como en los casos anteriores se suprimían las correas, en éste se suprimen los cabios, pero es preciso emplear como material de cubierta elementos de grandes dimensiones, como un entablonado, planchas de zinc o, mejor todavía, palastro ondulado y galvanizado.

Este tipo puede emplearse útilmente en un taller con dos galerías porque, en este caso, las viguetas reciben los apoyos de las transmisiones, pueden sostener una vía suspendida, etc.

ENTRAMADOS DE PARES SOLAMENTE.—Entre dos muros sólidos que puedan resistir un fuerte empuje, como si se tratara de los estribos de un puente de arco, puede establecerse fácilmente un entramado de cubierta por medio de pares que puedan resistir a la compresión (fig. 1036), constituídos por hierros de sección conveniente para evitar la flexión vertical y la horizontal, o bien por un hierro en **I** de alas anchas, por ejemplo.

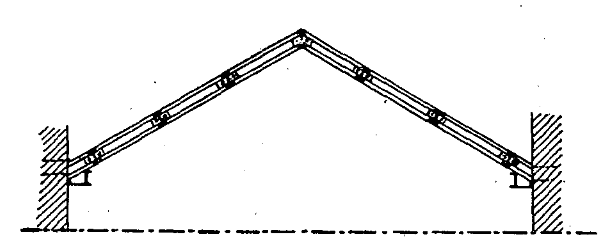


Fig. 1036. — Entramado de cubierta, constituído por pares solamente.

Los dos hierros se ensamblan en la cumbrera con dos cubrejuntas. Las correas pueden ensamblarse al alma de los pares o colocarse encima, sujetándolas en este caso con escuadras que hacen el papel de ejiones y son semejantes a las que describimos más adelante, al tratar de la ensambladura de las correas de madera a una cercha metálica (véase figura 1084). Si las correas se colocan encima de los pares, permiten el establecimiento del canalón por encima de éstos; pero, si de todos modos se quiere colocar las correas al nivel de los pares, será preciso situar el canalón interiormente por debajo, sostenido por modillones y colgado de los pares.

El empuje se puede neutralizar, ya arriostrando la cumbrera con vientos, inclinados un ángulo mayor de 45°, o bien con un tirante colocado junto a la cumbrera y amarrado en las paredes; parte del muro hace entonces el efecto de biela, y la consistencia de la fábrica permite la formación de dos triángulos indeformables.

ENTRAMADOS DE CABIOS, CON LINTERNA.—Cuando la luz no pasa de 8 m puede formarse la armadura con fuertes hierros de ángulo, cruzados de modo que su prolongación venga a sostener la linterna (figura 1037); no tienen hilera, sino dos correas también de hierros en **L** que sostienen los montantes y la cubierta. Se alivian las cantoneras con ménsulas en los apoyos y la linterna se corona con pequeños hierros en **⊥** para el envidrierado. Como no se pueden colocar tornapuntas de arriostramiento transversal, se comprende que esta construcción hay que apoyarla por sus extremos en los muros-piñón.

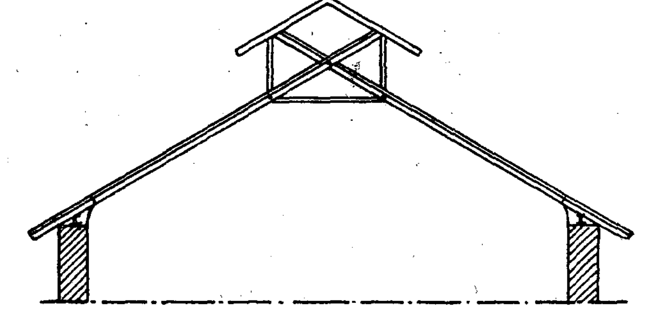
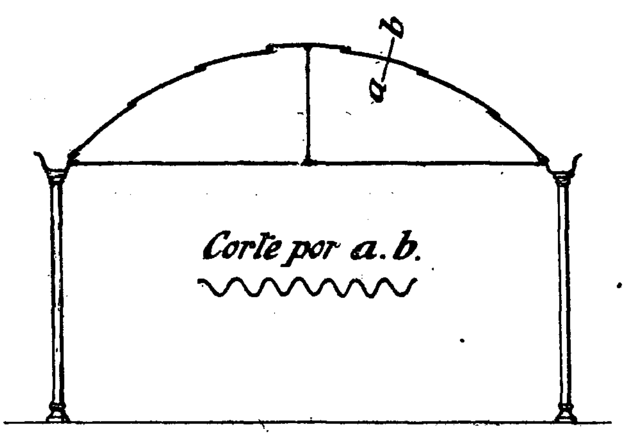


Fig. 1037. — Entramado de cabios, con linterna.

CUBIERTAS DE CHAPA ONDULADA, SIN ARMADURAS. — Aun se emplean mucho, sobre todo en Inglaterra. Se pueden construir sin tirante, entre muros sólidos, pero lo usual es que tengan tirante y pendolón, cosa indispensable cuando se trata de construcciones aisladas (figuras 1038 y 1039).



Figs. 1038 y 1039.—Cubierta de palastro ondulado, sin armaduras.

Los palastros ondulados y convenientemente curvados se empalman con roblones; hay que tener cuidado de disponer en la parte más alta una chapa montada sobre las dos vertientes para evitar que penetre el agua, pues siendo allí nula la inclinación se estacionaría, sobre todo cuando es muy grande el radio del arco.

El recubrimiento de las chapas entre sí es proporcional a la inclinación; debiendo ser tanto mayor cuanto más pequeña sea la pendiente. Los recubrimientos mínimos son:

inclinación de	45°	pendiente	100 °/₀	recubrimiento	mínimo	40 mm
»	40°	»	84 °/₀	»	»	50 »
»	35°	»	70 °/₀	»	»	60 »
»	30°	»	58 °/₀	»	»	70 »
»	25°	»	48 °/₀	»	»	80 »
»	20°	»	36 °/₀	»	»	90 »
»	15°	»	28 °/₀	»	»	100 »
»	10°	»	17 °/₀	»	»	100 »

Armaduras ordinarias con tirante y pendolón.—Se componen sólo de dos pares, un tirante y un pendolón (fig. 1040). Es menester no pasar, con este sistema, de luces de diez metros, porque de otro modo habría necesidad de dar gran sección a los pares y no resultaría económica la armadura. Estas cerchas sirven para sostener cubiertas ligeras, de chapa de zinc por ejemplo; se colocan en este caso las cerchas con una separación de 3,80 metros.

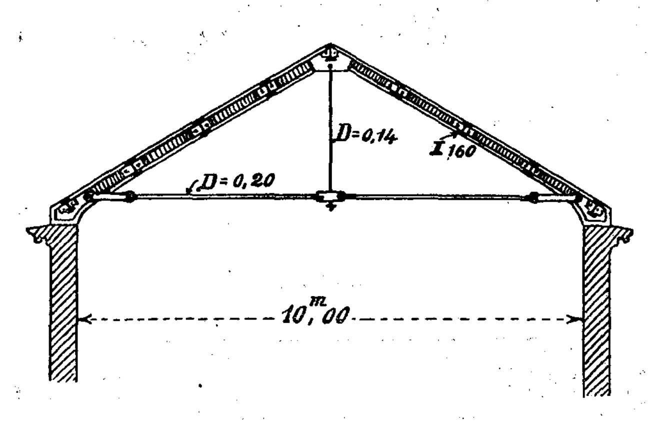


Fig. 1040. — Armadura sencilla con tirante y pendolón.

La figura 1041 muestra otro ejemplo para cubierta de teja mecánica. La separación de las cerchas es de 5 metros.

En estas cerchas hay tres ensambladuras principales:

a) *Ensambladura en el caballete,* donde los dos pares, cortados

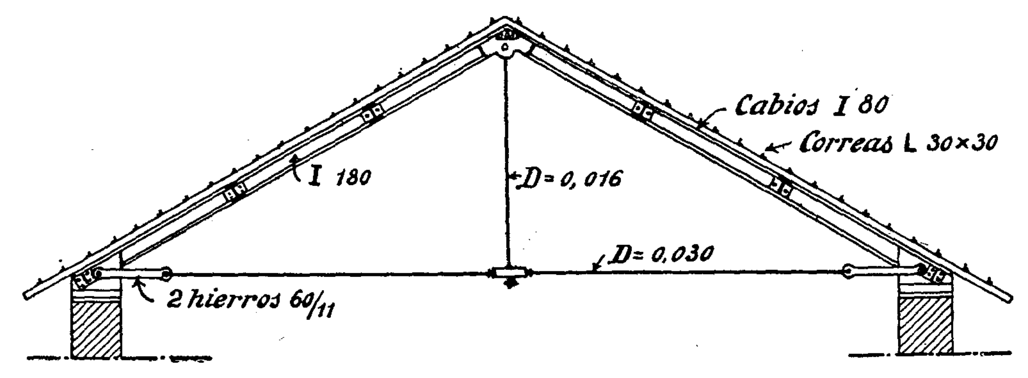
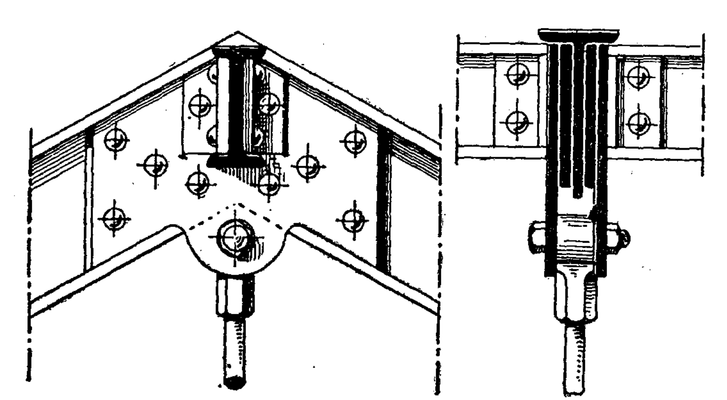


Fig. 1041.—Armadura ordinaria con tirante y pendolón.

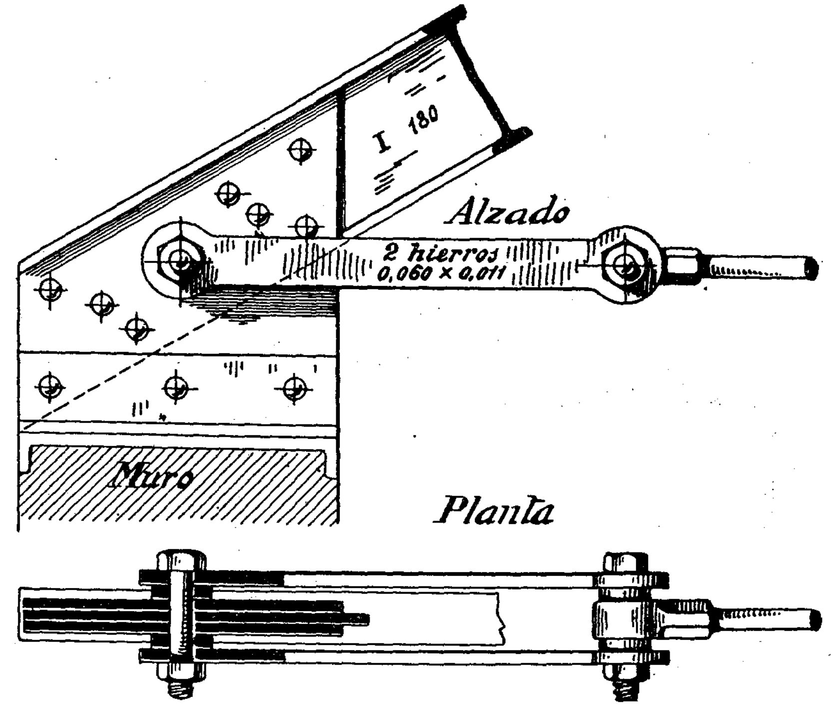
exactamente a medida, vienen a apoyarse el uno contra el otro y se ligan con dos gruesas cubrejuntas o bien con cuatro placas más delgadas, de las cuales dos se articulan al pendolón según indican las figuras 1042 y 1043; en éstas indicamos también la ensambladura de la hilera;



Figs. 1042 y 1043. — Ensambladura de los pares, pendolón e hilera en las armaduras ordinarias.

b) *Ensambladura de las correas:* se hace por medio de escuadras a modo de ejiones sujetos a los pares por pernos que atraviesan las alas del par;

c) *Ensambladura del tirante con el par:* se efectúa por medio de un estribo forjado en una sola pieza o compuesto de dos piezas, articuladas con un pasador (figuras 1044 y 1045); es preciso que la suma de las secciones de ambas ramas del estribo u horquilla (en el punto más débil, en un ojo, por ejemplo)



Figs. 1044 y 1045. — Ensambladura del tirante con el par en una armadura ordinaria.

sea igual, por lo menos, a vez y media la del tirante propiamente dicho. Los pasadores de articulación deben tener un diámetro igual al del tirante.

Cuando estas cerchas no se apoyan en muros sólidos, es necesario triangularlas en los arranques, para evitar los movimientos que destruirían la obra.

Armaduras con puente.—Esta disposición reemplaza, dentro de ciertos límites, a las armaduras con tornapuntas, pues efectivamente se aligeran los pares por la constitución del triángulo *a b c* (figura 1046), que es indeformable, disminuyendo hasta la mitad la longitud del par expuesta a la flexión. El empleo del puente permite construir cerchas sin tornapuntas hasta de 20 m de luz.

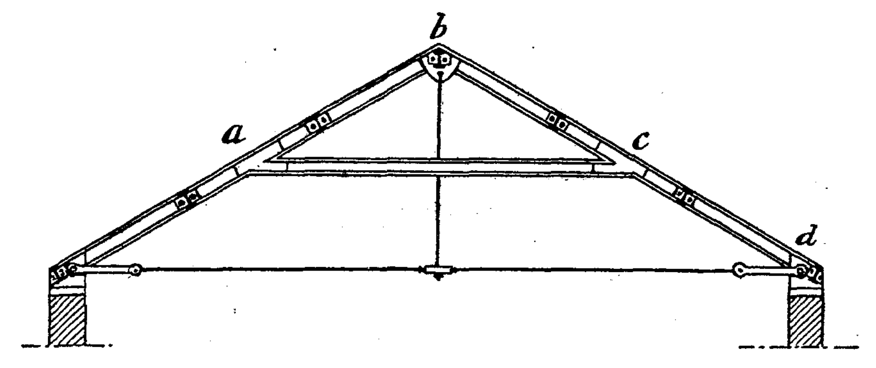


Fig. 1046.—Cercha con tirante y puente.

Armaduras poligonales.—Estas cerchas llevan siempre una linterna en toda la longitud, menos en el caso de faldones o petos, pues entonces la linterna termina en el comienzo de estos últimos. La cercha poligonal (fig. 1047) está formada por dos pares que terminan en un puente y por un tirante sostenido por dos péndolas. Los pares pueden construirse con hierros en **I**, como en el caso de la figura 1042 o con vigas de alma llena o de celosía.

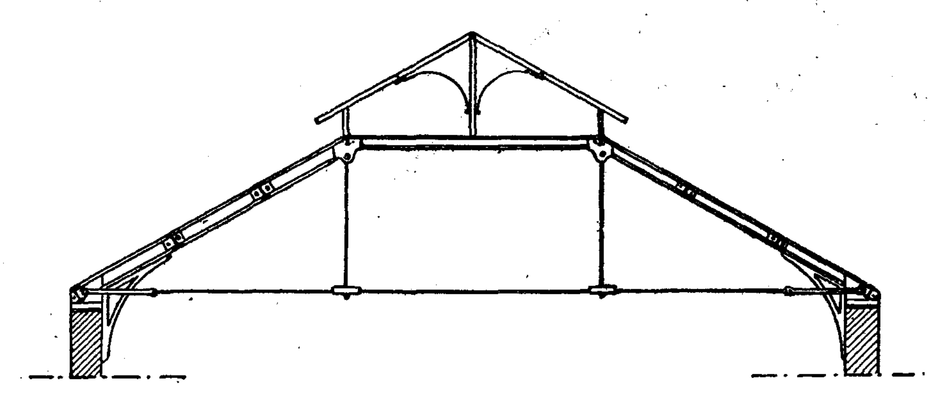


Fig. 1047.—Cercha poligonal.

Armaduras Polonceau.—Este tipo de cerchas puede ser mixto, es decir, de hierro y madera (como indica la figura 1048: pares,

tornapuntas y pies derechos de madera y el resto de hierro, es

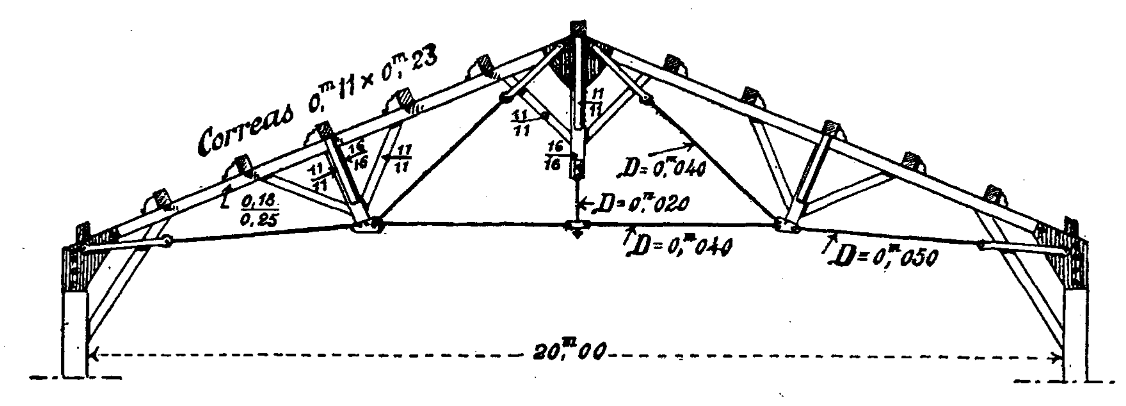


Fig. 1048.—Armadura *Polonceau*, de madera y hierro, para una cubierta de tejas mecánicas *Müller;* separación de las cerchas, 5 metros.

decir, de madera todos los elementos que trabajan a compresión, y

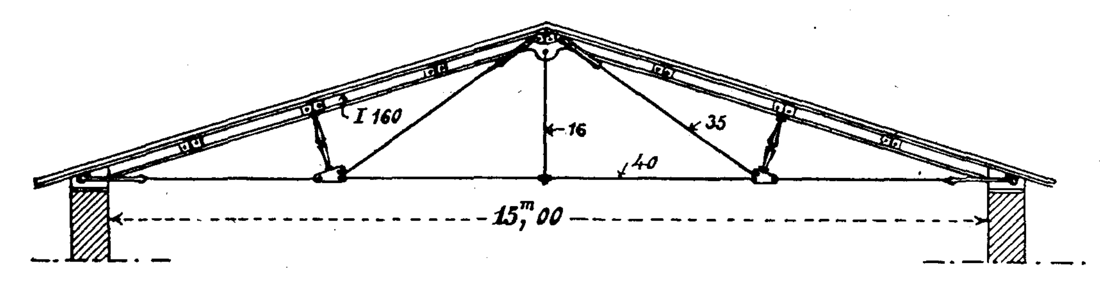


Fig. 1049.—Armadura *Polonceau*, completamente metálica, para una cubierta de chapa de zinc; separación entre cerchas, 3,50 metros.

de hierro los que sufren tracción) o enteramente metálicas, como la representada en la figura 1049.

Cuanto más grande es la inclinación de las vertientes, menor es el empuje contra los muros, por lo que en ciertos casos se pueden construir armaduras peraltadas muy ligeras del tipo que representamos en la figura 1050.

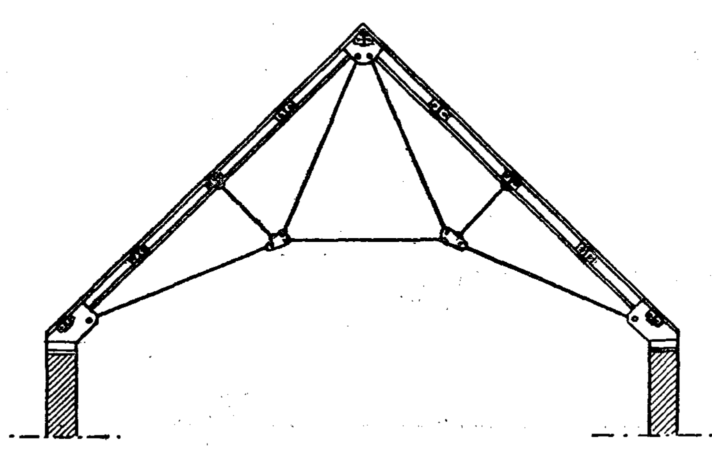


Fig. 1050.—Cercha *Polonceau* peraltada.

La cercha de dos bielas o tornapuntas sirve para todas las luces, pero esto obligaría algunas veces a emplear pares muy sólidos y por lo tanto muy pesados. Por consiguiente, se recurre entonces a las cerchas Polonceau compuestas, es decir, con 6 tornapuntas (fig. 1051), en las cuales la luz del par está dividida

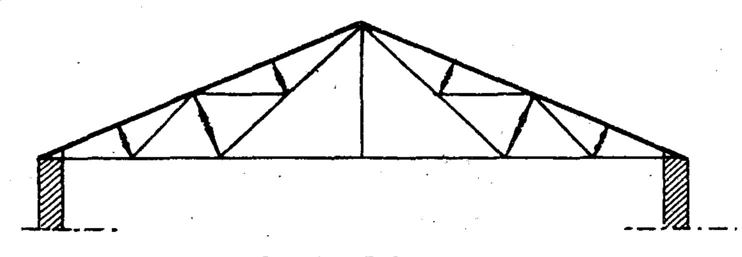


Fig. 1051.—Cercha *Polonceau* compuesta.

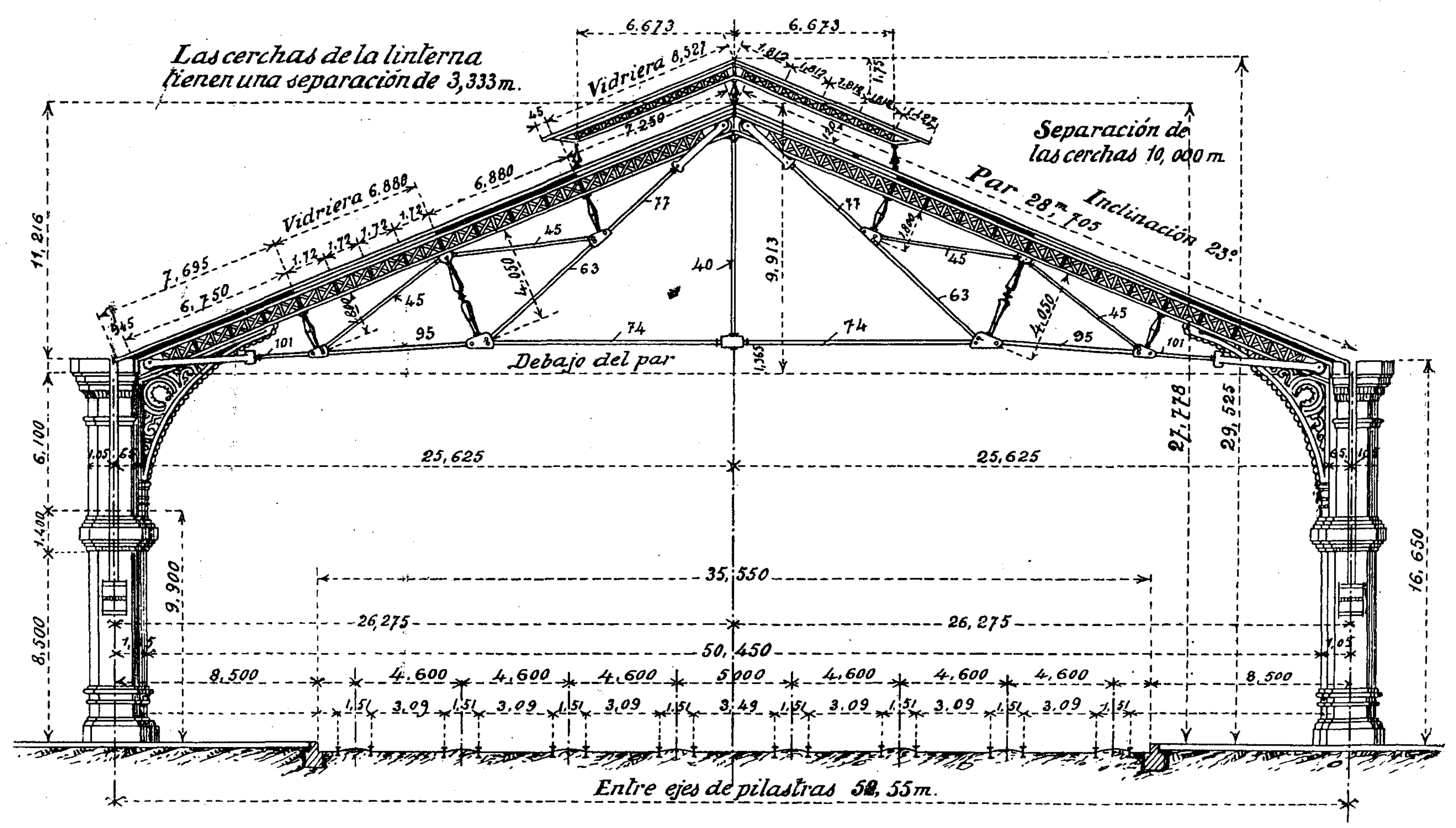


Fig. 1052. — Armadura *Polonceau* compuesta, de la estación de Orleáns, en París. Es un hermoso ejemplo de aplicación de este tipo de cerchas, cuya luz en obra es de 51,350 m, con separación de 10 m entre cerchas; además de su carácter atrevido, esta cercha es decorativa, mereciendo notarse las ménsulas de fundición de los arranques.

en cuatro partes, y por lo tanto, puede reducirse mucho su sección.

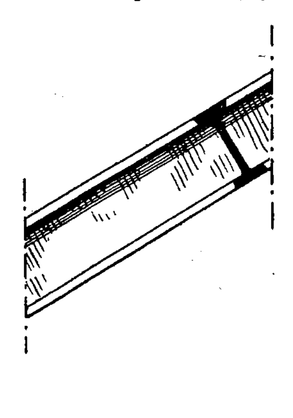
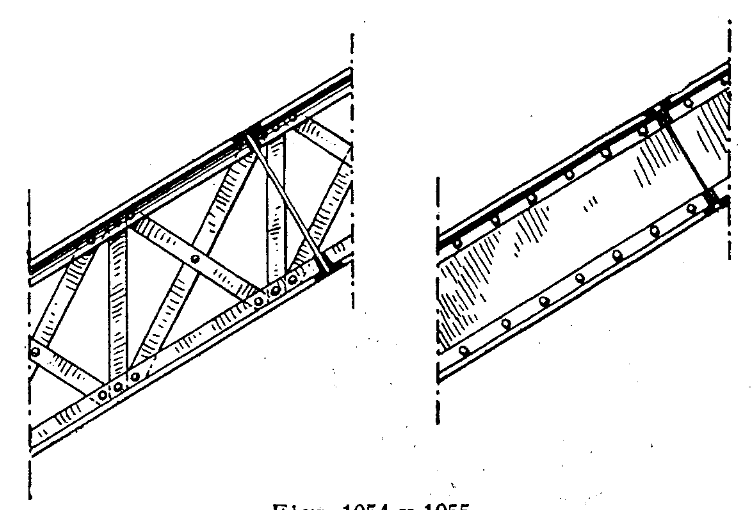


Fig. 1053.
Par de hierro en I, para armaduras de luz media.



Figs. 1054 y 1055.
Pares constituídos por vigas de celosía o de alma llena, para armaduras de mucha luz.

PARES.—Como esta cercha se presta para todas las luces, se hacen los pares: de hierro en T para luces pequeñas, de hierros en I (fig. 1053) o con jácenas compuestas, ya de alma llena (fig. 1055), ya de celosía para luces mayores; los montantes de la celosía pueden ser verticales (fig. 1054) o normales a la inclinación de la cubierta (fig. 1052).

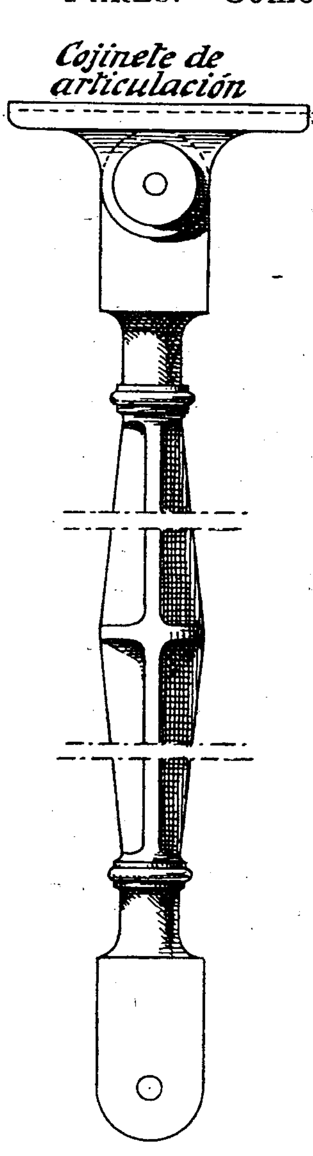
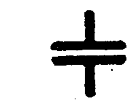


Fig. 1056.
Biela de fundición.

BIELAS.—Se llaman bielas o tornapuntas las piezas sometidas a compresión, que tienden a ser levantadas por los tirantes y alivian al par en su punto medio (armaduras sencillas) o en tres puntos de su longitud (armaduras compuestas).

Las bielas son casi siempre de hierro fundido, su sección tiene forma de + aumentando aquélla desde los extremos hacia el centro (figura 1056); la biela termina en dos extremos moldurados seguidos de una porción plana por donde se articula a las placas que la ensamblan con los tirantes o con el par.

Las bielas pueden construirse también con perfiles laminados: ya con hierros de sección en forma de cruz (fig. 1057), ya con dos hierros en T acoplados (fig. 1058) o también con cuatro cantoneras y dos almas de palastro, una de ellas en dos piezas (fig. 1059); el ensamble de cada uno de estos tipos de biela

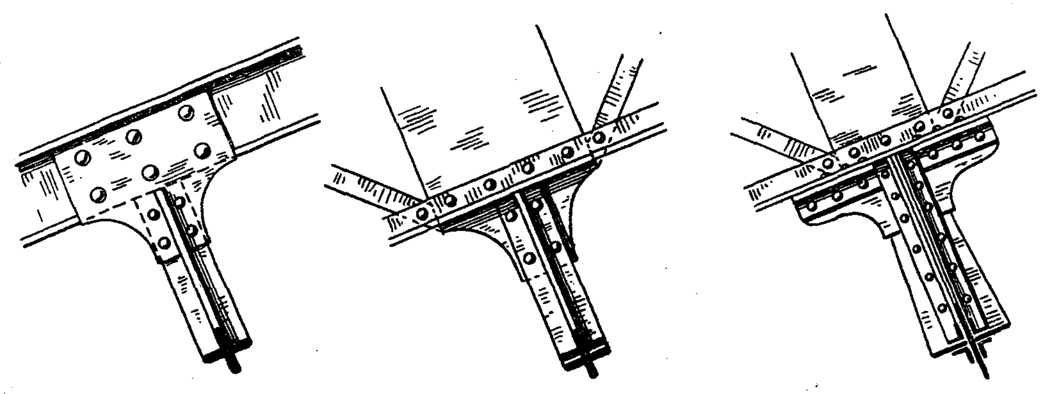




Figs. 1057 a 1059.
Secciones de bielas de hierro laminado.

con los pares no ofrece ninguna dificultad y se representa por las figuras 1060 a 1062.

Cuando se trata de cerchas mixtas de madera y hierro, como la representada en la figura 1048, la biela puede ser perfectamente de



Figs. 1060 a 1062.—Ensambladura de bielas de hierro laminado con los pares.

madera, pudiendo no sólo descargar los pares, sino también aliviar las correas por medio de tornapuntas transversales.

Estribos.—De ordinario, es una barra de hierro plano encor-

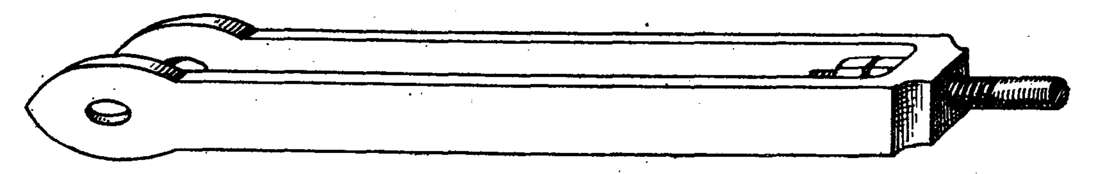
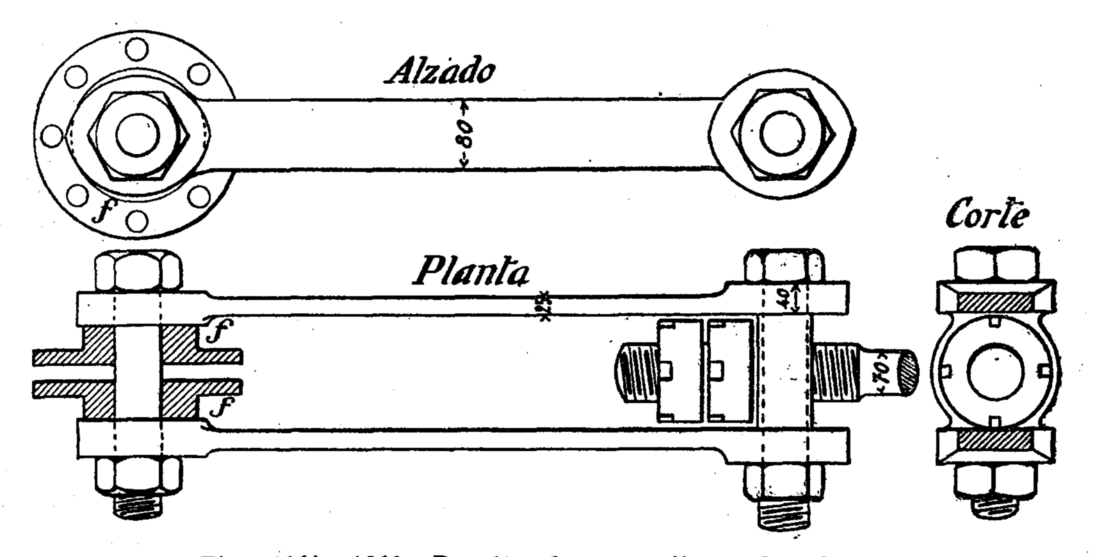


Fig. 1063.—Estribo forjado de una sola pieza.

vada en forma de ⊃ (fig. 1063); en la porción donde se atornilla el tirante, el hierro ha sido recalcado para obtener mayor longitud de rosca. También se puede construir el estribo con dos hierros

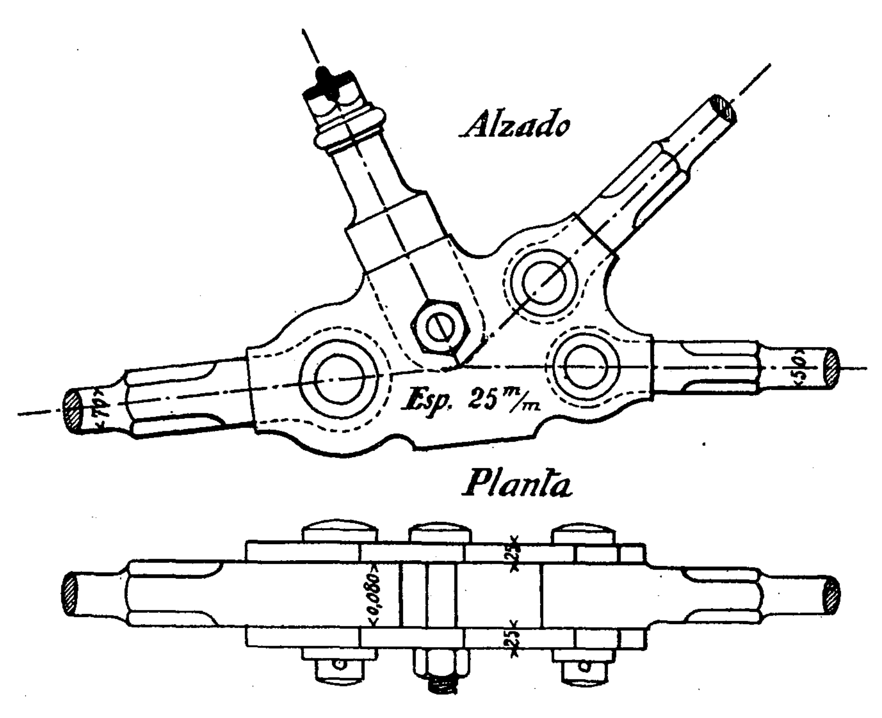


Figs. 1064 a 1066.—Detalles de un estribo en dos piezas.

planos, soldando a ellos la porción *a* destinada a recibir el tirante.

Finalmente, el estribo puede estar formado de dos piezas, es decir, compuesto de dos hierros planos (figs. 1064 a 1066) cuyos extremos se recalcan en la forja para compensar por el mayor grueso

la pérdida de sección resistente que ocasiona el ojo. En todos los casos, la horquilla que viene a formar el estribo abraza el alma del par, para lo cual se compensa la anchura del ala del hierro en I con arandelas *f* y todas estas piezas se sujetan con pasadores



Figs. 1067 y 1068. — Placas para articular los tirantes y la biela.

del mismo diámetro que los tirantes que se amarran en los estribos.

PLACAS. — Constituyen el nudo donde se articulan los tirantes y la biela; se sacan de palastros de buena calidad y de gran espesor (de 12 a 30 mm, según los casos) y tienen la forma indicada en las figuras 1067 y 1068.

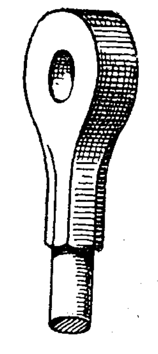
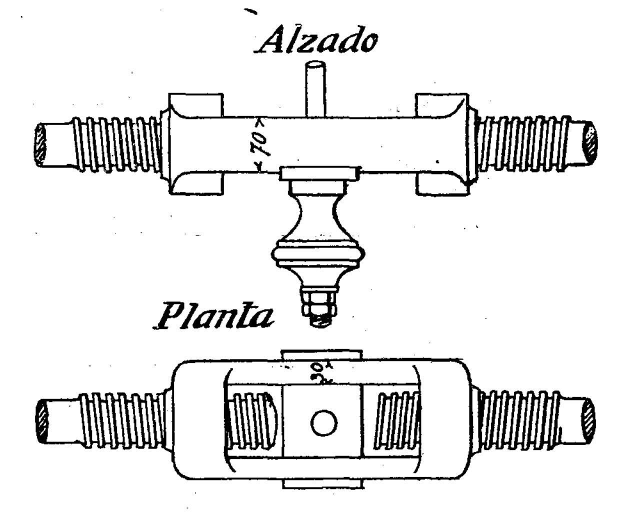


Fig. 1069. Ojo del tirante.

TIRANTES. — Los tirantes son generalmente de hierro redondo, terminando en un ojo en cada extremo, o en uno solo cuando el otro ha de filetearse para unirlo al estribo. El ojo se forja recalcando el hierro (fig. 1069), pero podría ser una pieza suelta roscada al hierro redondo.

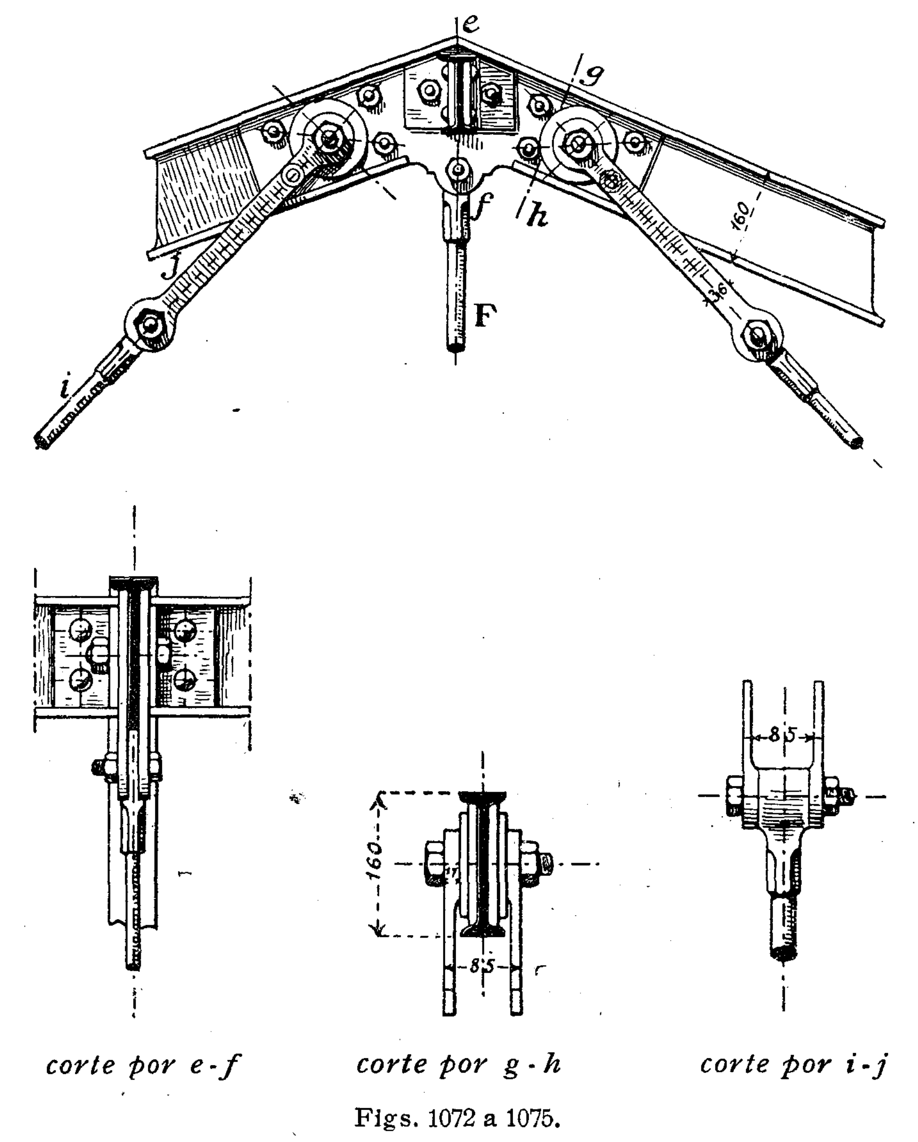


Figs. 1070 y 1071. — Templador.

TEMPLADORES. — Para poder regular la tensión de los tirantes se emplean templadores (figs. 1070 y 1071) que actúan sobre las roscas de sentido contrario de los tirantes, de modo que, cuando se da un movimiento de rotación al templador, los dos tirantes se

aproximan o se alejan. El pendolón pasa por el hueco del templador y se sujeta debajo con una tuerca, que puede afectar una forma decorativa.

Ensambladura de los pares entre sí.—Los dos pares que constituyen la cercha se cortan según el ángulo conveniente y se ensamblan con gruesas cubrejuntas según indican detalladamente las figuras 1072 a 1075. Estas cubrejuntas se recortan de la forma conveniente, reservando sitio para articular el pendolón.



Figs. 1072 a 1075.
Detalles de la ensambladura de los pares entre sí y con la hilera.

La hilera se ensambla con dos cantoneras y tornillos que atraviesan las cubrejuntas y el alma de los pares.

Las cubrejuntas se juntan por medio de ocho tornillos cuando menos, cuatro para cada par; en el centro del rectángulo que forman cada cuatro agujeros está el del pasador que articula el estribo (figura 1072). Se colocan estos últimos intercalando entre ellos y el cubrejuntas una arandela que compensa el ancho de las alas del hierro en I (*f*, en la figura 1065).

Ensambladuras de los apoyos o arranques.—Se efectúa de

varias maneras, según la forma de los apoyos. Cuando éstos son pies

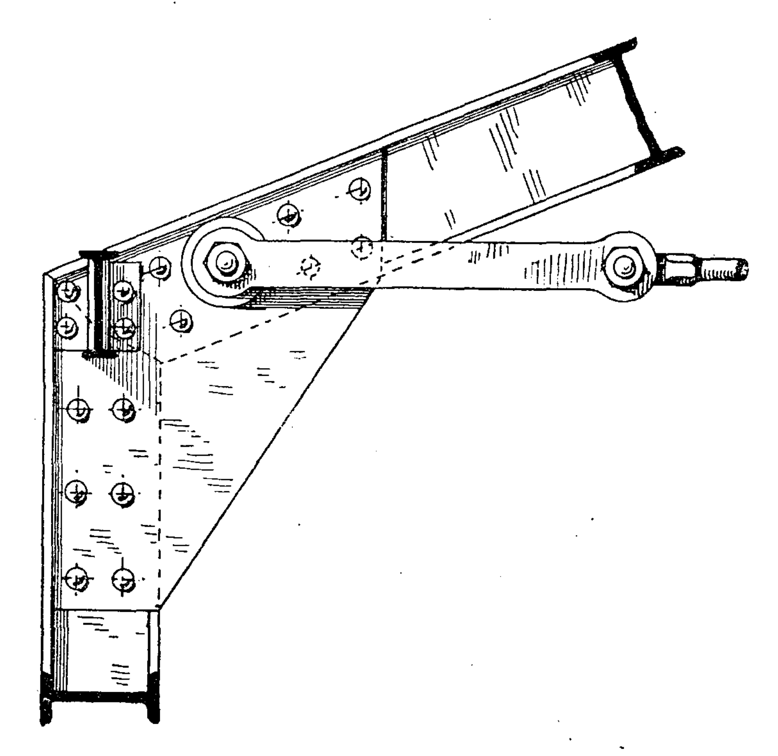


Fig. 1076.—Ensambladura del par con un pie derecho de hierro laminado.

derechos de hierro laminado pueden emplearse dos cartabones de palastro que encepan el par y el poste (fig. 1076); si son columnas

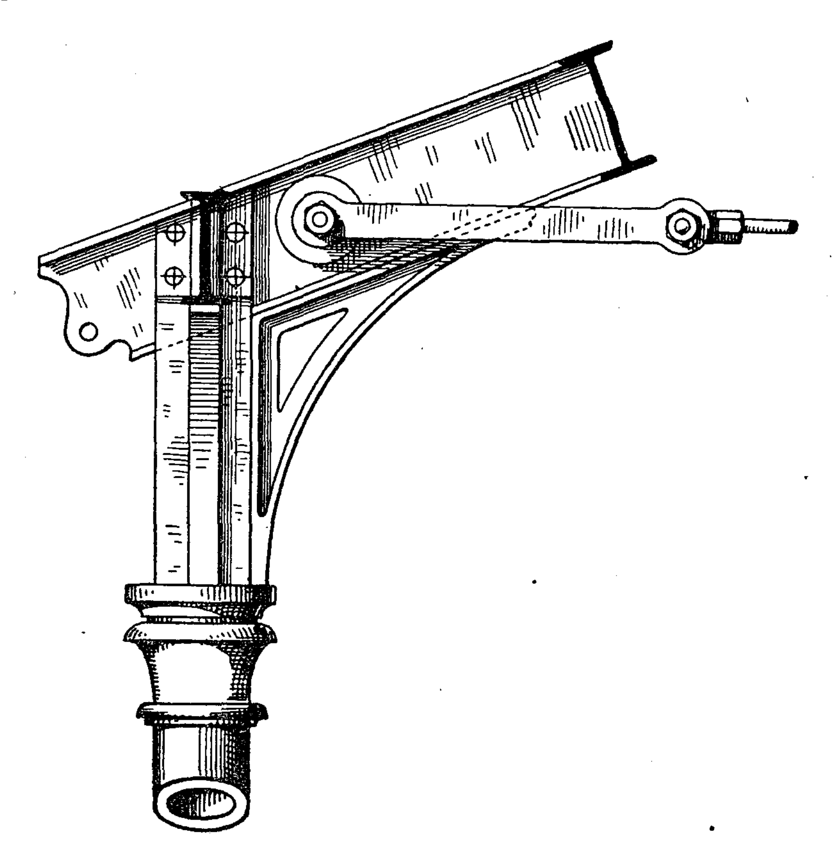


Fig. 1077.—Ensambladura del par con una columna de fundición.

de fundición, debe darse a éstas una forma especial que se preste a la ensambladura, como la que se representa en la figura 1077.

Si la cercha apoya en un muro, los pares terminan en *cojinetes*

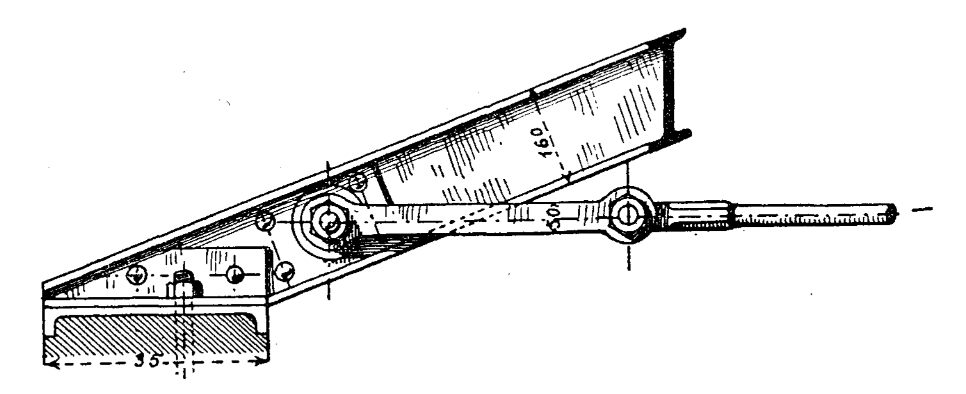
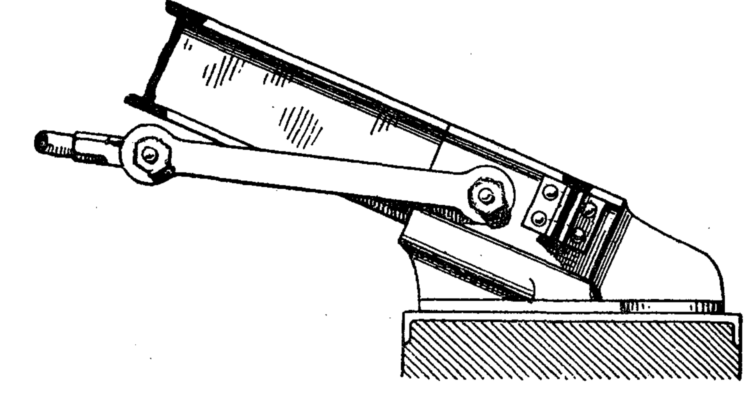
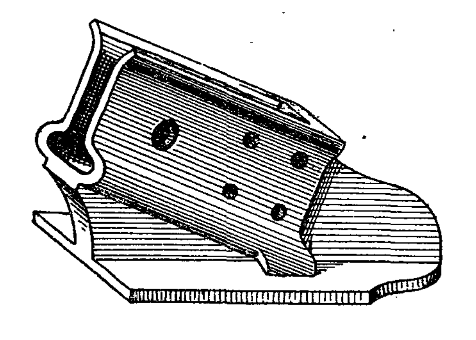


Fig. 1078.—Cojinete de hierros laminados.

compuestos sencillamente (fig. 1078) de dos fuertes escuadras que se apoyan en una placa gruesa de palastro con bordes doblados en forma de talones y de extensión suficiente para que la presión sobre la fábrica no sea excesiva. Con frecuencia el cojinete se hace de fundición y recibe al mismo tiempo el estribo del tirante (figs. 1079 y 1080).





Figs. 1079 y 1080.
Cojinete de fundición (alzado y perspectiva).

Ensambladuras de las correas con los pares.—Se efectúa por medio de dos escuadras, como se ha dicho para la cumbrera (figura 1072). Sin embargo, debemos llamar la atención sobre la necesidad que hay de reservar, en las cerchas, partes llenas a las cuales puedan ensamblarse las correas (figs. 1081 y 1082). En ciertos casos, se colocan las correas encima de los pares, fijándolas por medio de una o de dos cantoneras (figura 1083); esto mismo suele hacerse cuando las correas son de madera (fig. 1084), aunque también pueden ensamblarse al alma del par, con las de hierro, por dos escuadras (figs. 1085 y 1086).

Fig. 1081.
Ensambladura de una correa con el par.

CAJAS PARA CERCHAS MIXTAS DE MADERA Y HIERRO.—Para luces

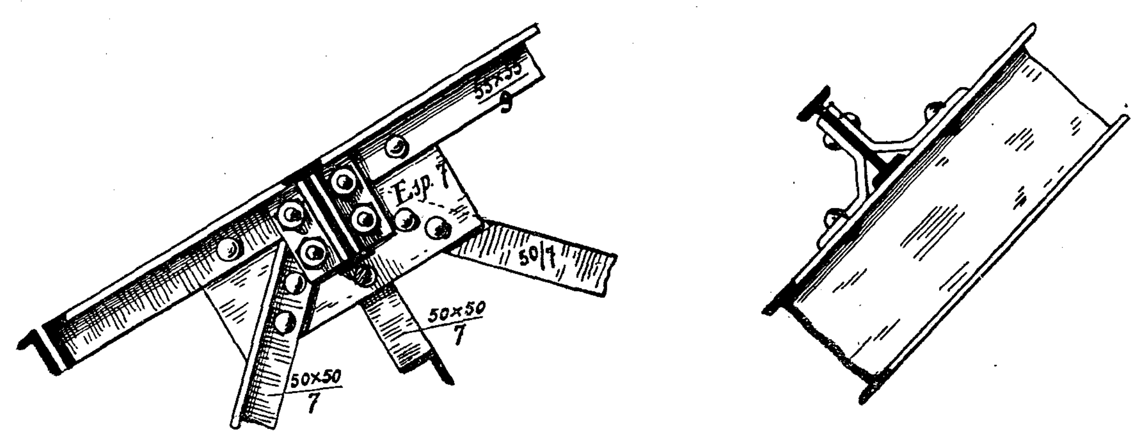


Fig. 1082.—Ensambladura de una correa con el par.

Fig. 1083.—Fijación de una correa sobre el par.

pequeñas, se puede emplear un cojinete muy sencillo consistente

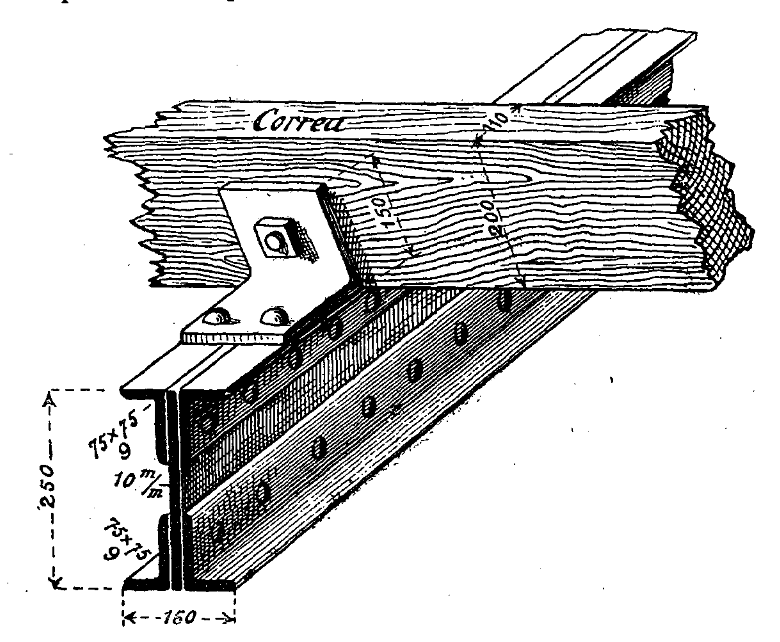
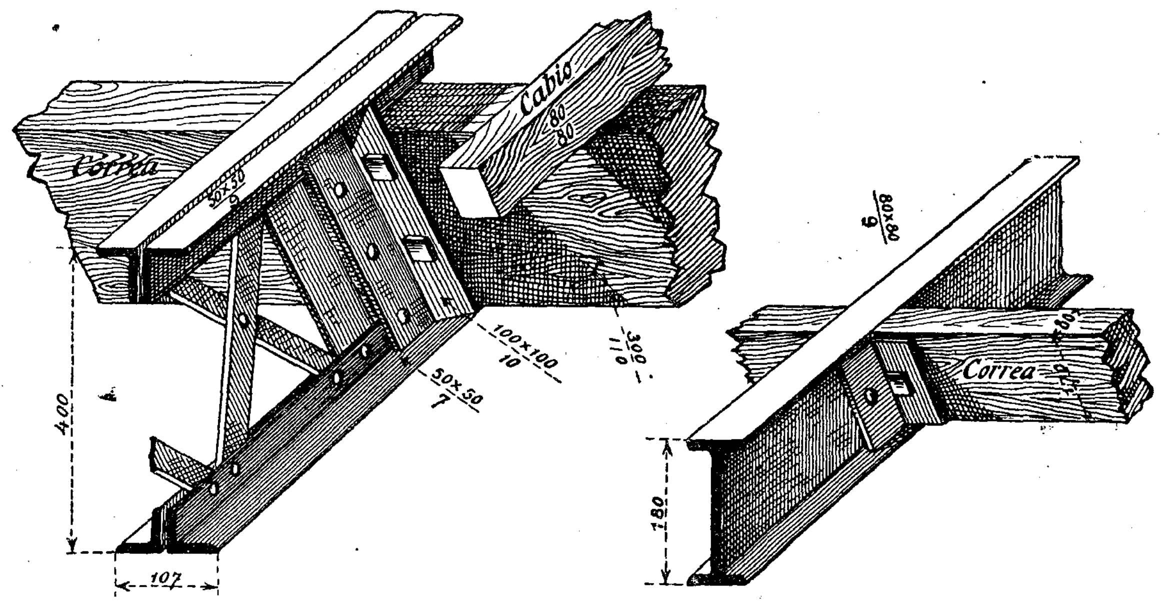


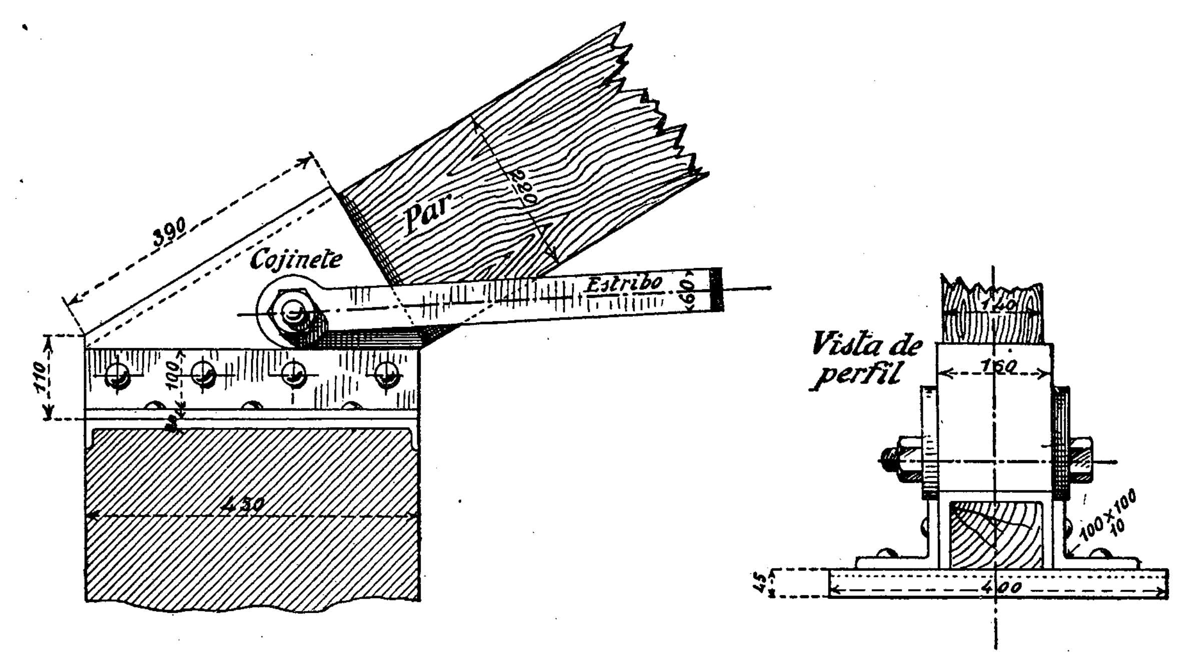
Fig. 1084.—Fijación de correas de madera sobre un par metálico.

en armar la placa de apoyo con una escuadra; el par se apoya



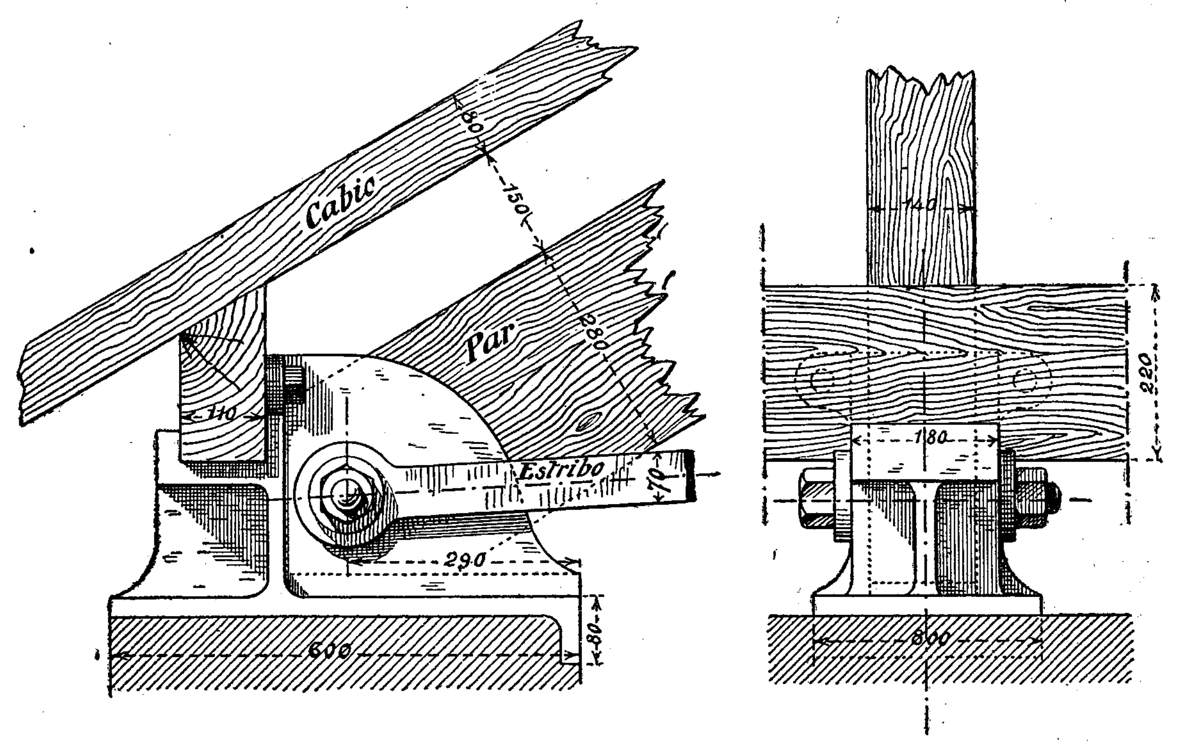
Figs. 1085 y 1086.—Ensambladuras de correas de madera con pares metálicos.

contra esta escuadra, que lleva un agujero por donde pasa el tensor, que se fija exteriormente con una tuerca, con lo que se evita el estribo.



Figs. 1087 y 1088.—Cojinete o caja de palastro para un par de madera.

Otro tipo puede construirse con un palastro de 10 mm, acodillado y fijado a la placa de apoyo por medio de dos cantoneras (figuras 1087 y 1088); la parte inferior del par penetra en esta caja, a la que se articula el tirante mediante un estribo.



Figs. 1089 y 1090.—Cojinete o caja de fundición para un par de madera.

Cuando hay gran número de cerchas semejantes, se pueden emplear cajas de fundición tanto para los apoyos (figs. 1089 y 1090) como para ensamblar los pares en el caballete (fig. 1091), pues el

coste de los modelos es insignificante cuando se reparte entre gran número de piezas. Estudiando con cuidado la forma de estas

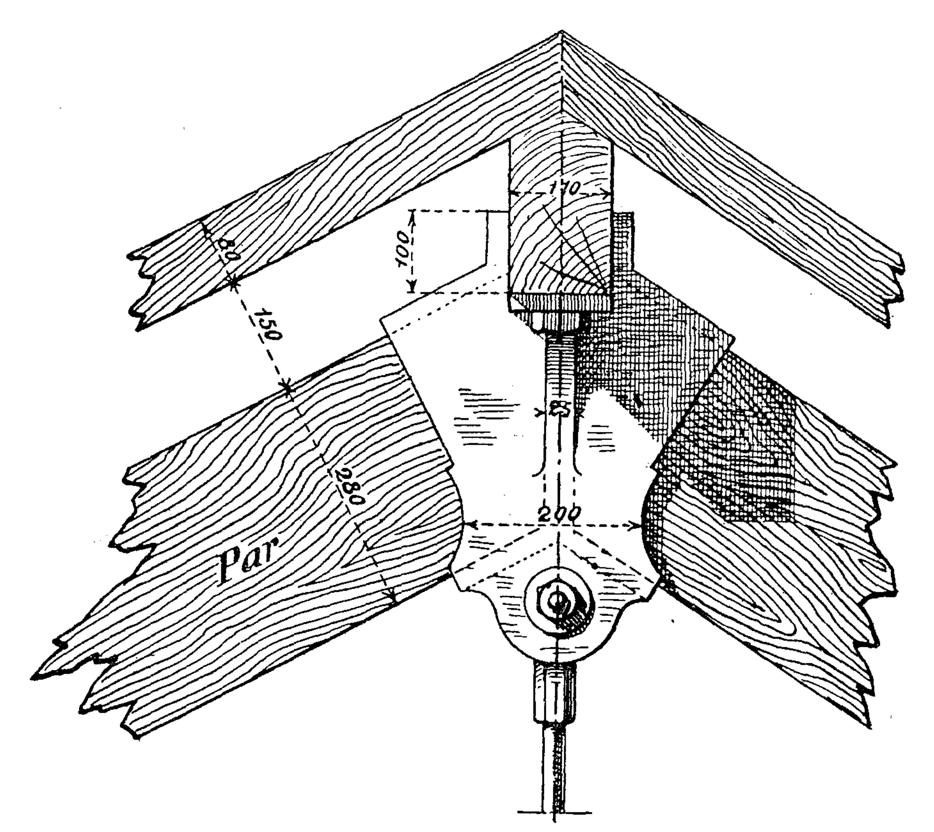


Fig. 1091.—Caja de fundición para ensamblar los pares entre sí.

cajas de fundición, se consigue simplificar las ensambladuras y evitar mano de obra, pues se suprimen los cortes difíciles de los maderos.

DIMENSIONES DE LAS DIFERENTES PIEZAS QUE COMPONEN LAS CERCHAS POLONCEAU

(según G. OSLET)

Luz *P* m	Altura *H* m	PARES *A*	Diámetro de los tirantes de hierro redondo *T* mm	*T′* mm	*T″* mm	BIELAS *B*	Diám. del pendolón *O* mm	Separación entre cerchas m
12	2,30	I de 140	21	29	15	Sección de fundición que varía con la forma y la carga.	15	4
14	2,80	I de 180 a 200	34	37	20		20	4,5 a 5
16	3,20	I de 220	40	43	25		25	5 a 6
34	6,75	I de 260 o viga de celosía	60	70	50		30	5 a 6

Fig. 1092.

Cálculo de las principales piezas de una cercha Polonceau.—Es necesario el conocimiento previo de los datos siguientes: luz de la cercha, separación de las cerchas, inclinación del par sobre la horizontal y carga total que debe soportar la armadura.

La carga total es la única que hay que calcular, pues los demás datos son siempre conocidos. Esta carga total se compone del peso propio de la armadura más el de la cubierta y más la carga accidental producida por el viento y la nieve. Por término medio, se pueden calcular las cargas siguientes:

100 Kg por m^2 de cubierta, para armaduras de hierro y cubierta de vidrio, incluyendo la acción del viento y de la nieve;
120 Kg por m^2 de cubierta, para armaduras de hierro y cubierta de palastro o de zinc, comprendidos el viento y la nieve;
150 Kg por m^2 de cubierta, para armaduras de hierro y cubierta de teja mecánica, comprendidos el viento y la nieve.

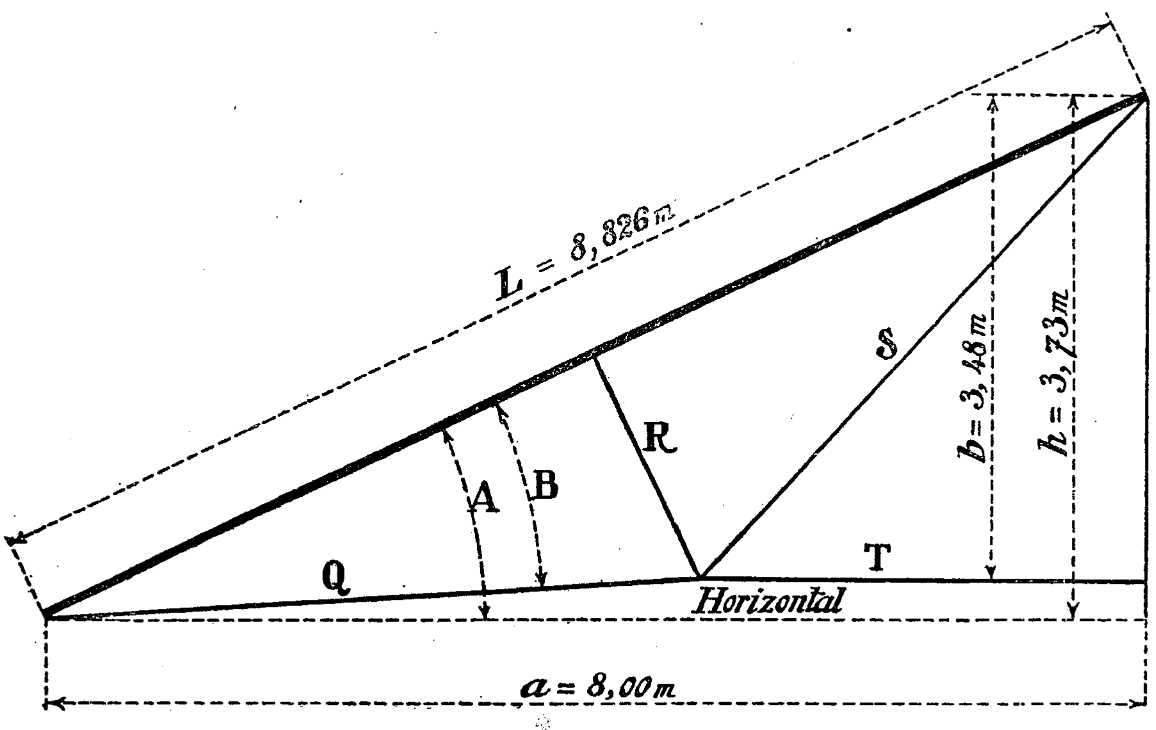


Fig. 1093.—Esquema de media cercha *Polonceau.*

Supongamos que los datos sean (fig. 1093):

luz de la cercha $= 2a$	16 m
separación de las cerchas	4,50 m
inclinación del par sobre la horizontal. . . .	25°
carga total por metro cuadrado de cubierta . .	120 Kg

Se empezará calculando la longitud exacta de los diversos elementos, con arreglo a los datos del problema:

flecha de la armadura, $h = 8{,}00 \times \text{tang}\, 25° = 3{,}73$ m;

longitud del par, $L = \sqrt{8{,}00^2 + 3{,}73^2} = 8{,}826$ m;

longitud del tirante Q, dándole 3° de inclinación y suponiendo que la biela es normal al par en su punto medio, $Q = \frac{4{,}413}{\cos(25° - 3°)} = 4{,}760$ m;
longitud de la biela, $R = 4{,}413 \operatorname{tang} 22° = 1{,}784$ m;
longitud del tirante $S = Q = 4{,}760$ m;
longitud del pendolón $b = S \cos(90° - 25° - 22°) = 3{,}481$ m;
longitud del tirante $T = \sqrt{4{,}76^2 - 3{,}481^2} = 3{,}240$ m.

PARES.—El medio par, de 4,413 m de longitud, puede considerarse como una pieza que se apoya en dos puntos y cargada uniformemente con un peso de:

$$P = 4{,}413 \times 4{,}50 \text{ m} \times 120 \text{ Kg} = 2383 \text{ Kg}.$$

Aplicando la fórmula general de la flexión y observando además que se debe tener en cuenta la inclinación multiplicando por el coseno del ángulo, se tendrá:

$$\tfrac{1}{8} PL \cos 25° = K \frac{I}{n}$$

o bien:

$$\text{momento flexor} = \frac{2383 \times 4{,}413 \times 0{,}91}{8} = 1196{,}21 \text{ Kg-m} = 119621 \text{ Kg-cm}.$$

Tomando $K = 800$ Kg/cm² como coeficiente de trabajo del hierro:

$$\text{momento resistente} = \frac{I}{n} = \frac{119621}{800} = 149{,}5 \text{ cm}^3.$$

Si se busca el valor de $\frac{I}{n}$ más aproximado, por ejemplo en el catálogo de viguetas laminadas de Altos Hornos de Maubeuge (véase la tabla correspondiente en el capítulo XVII) se verá que una vigueta de 200×64×7,5 (que pesa 20,5 Kg por metro) es más que suficiente.

Si en vez del hierro en I se quiere emplear una viga de celosía, se buscaría y encontraría una sección de 240 mm de altura con cuatro cantoneras de $\frac{40 \times 40}{5}$; el momento de inercia se calcularía por la expresión:

$$I = \frac{8 \times 24^3 - 2 \times (3{,}5 \times 23^3 + 0{,}5 \times 16^3)}{12} = 177{,}7 \text{ cm}^4$$

y por lo tanto

$$\frac{I}{n} = \frac{177{,}7}{12} = 148{,}1 \text{ cm}^3.$$

El cálculo de la celosía del par se hace de la manera siguiente. El esfuerzo cortante en el punto más cargado de la celosía está

expresado por $F = \frac{5}{8} P \cos A$, o sea $= 0{,}625\ P \cos A$. Suponiendo que se compone de dos barras cruzadas (de modo que cualquier sección corte siempre a dos barras) se dividirá por 2 aquel valor, y si las barras están inclinadas a 45° se multiplicará por $\sqrt{2} = 1{,}414$. De modo que este esfuerzo a que están sometidas las diagonales de la celosía es:

$$F = \frac{0{,}625\ P \sqrt{2} \cos A}{2}.$$

Y reemplazando los valores:

$$F = \frac{0{,}625 \times 2383 \times 1{,}414 \times 0{,}9}{2} = 954{,}25 \text{ Kg.}$$

Haciendo trabajar las barras a 800 Kg por cm² de sección, dividiendo 954,25 por 800 se obtendrá la sección necesaria $= 1{,}89$ cm²; podrán emplearse hierros planos de 40 × 5 mm.

CORREAS.—Supongamos que estén espaciadas a 1,70 m: puesto que su luz es igual a 4,50 m, que es la separación de las cerchas, soportarán una carga de:

$$1{,}70 \times 4{,}50 \times 120 \text{ Kg} = 918 \text{ Kg.}$$

Considerando las correas como simplemente apoyadas y cargadas con un peso uniformemente repartido, será fácil encontrar, como se ha explicado para los pares, el valor de $\frac{I}{n}$ y, por lo tanto, la sección que debe elegirse, sea de hierro en I o de celosía. Pero en este último caso la fórmula empleada para calcular el esfuerzo que sufren las diagonales de la celosía no va afectada del coeficiente $^5/_8$ ni del coseno del ángulo de inclinación. Esta fórmula se convierte, en el caso de diagonales cruzadas a 45°, en:

$$F = \frac{P\sqrt{2}}{2} = \frac{918 \times 1{,}41}{2} = 647{,}19 \text{ Kg.}$$

Haciendo trabajar al hierro a 800 Kg/cm² se tendrá:

$$\frac{647{,}19}{800} = 0{,}809 \text{ cm}^2;$$

podrán emplearse diagonales de 30 × 3 mm.

BIELAS.—El esfuerzo de compresión sobre la biela R (fig. 1093) es evidentemente igual al peso que soporta el par en toda su longitud, que es:

$$P_1 = 2383 \times 2 = 4766 \text{ Kg.}$$

A causa de la inclinación, se tendrá:

$$\text{compresión} = \frac{5}{8} P_1 \cos A = 0{,}625 \times 4766 \times 0{,}91 = 2710 \text{ Kg.}$$

Conociendo la resistencia a la compresión de la fundición o del hierro, será fácil determinar la sección de la biela.

Tirantes.—La fórmula para el cálculo de la tensión del *tirante* T (que designaremos con la misma letra) es:

$T = \frac{pa^2}{2b}$ en la cual las letras a y b son las longitudes indicadas en la figura 1093 y p el peso por metro lineal de luz, que en este caso vale:

$$p = \frac{4766}{8} = 595{,}75 \text{ Kg.}$$

Reemplazando valores se tendrá:

$$T = \frac{595{,}75 \times 8^2}{2 \times 3{,}48} = 5478 \text{ Kg.}$$

Haciendo que el tirante trabaje a 800 Kg/cm², la sección del mismo deberá ser:

$$\frac{5478}{800} = 6{,}84 \text{ cm}^2.$$

Basta hallar el diámetro de un círculo cuya superficie tenga 684 mm², para lo cual se utilizará la tabla I del capítulo XVIII, la cual da un diámetro de 30 mm, equivalente a 706 mm².

La fórmula para el cálculo del *tirante* Q es $Q = \frac{13\, p\, L \cos A}{16 \operatorname{sen} B}$; reemplazando valores se tiene:

$$Q = \frac{13 \times 595{,}75 \times 8{,}826 \times 0{,}91}{16 \times 0{,}375} = \sim 10420 \text{ Kg}$$

y tomando como anteriormente por coeficiente de trabajo 800 Kg/cm², la sección del tirante valdrá:

$$\frac{10420}{800} = 13{,}03 \text{ cm}^2.$$

Se podrá, pues, emplear para este tirante un hierro redondo de 40 mm de diámetro.

La fórmula para el cálculo del *tirante* S, es:

$$S = \frac{pL \operatorname{sen} A \cos A}{\operatorname{tang} B \operatorname{sen}(A+B)} - \frac{3}{16}\,\frac{pL \cos A}{\operatorname{sen} B};$$

reemplazando valores se obtiene:

$$S = \frac{595{,}75 \times 8{,}826 \times 0{.}423 \times 0{,}91}{0{,}404 \times 0{,}731} - \frac{3 \times 595{,}75 \times 8{,}826 \times 0{,}91}{16 \times 0{,}375} = \sim 6330 \text{ Kg}$$

y por lo tanto se requerirá una sección de

$$\frac{6330}{800} = 7{,}92 \text{ cm}^2,$$

es decir, un hierro redondo de 32 mm.

Armaduras alemanas.—De hierro se hacen cerchas que recuerdan por completo a las de madera (véase la figura 764); no nos

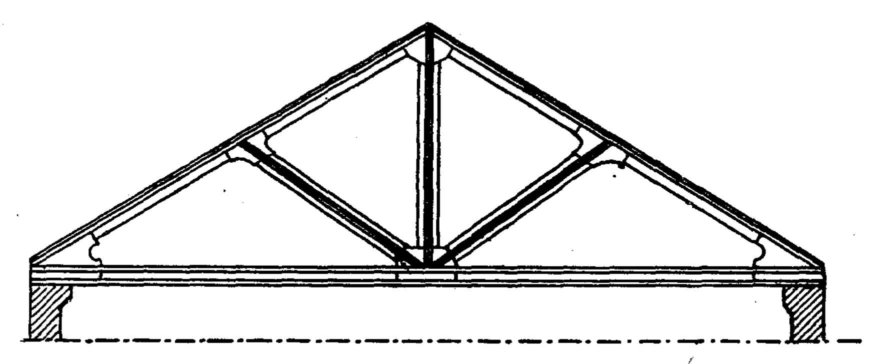


Fig. 1094.—Cercha alemana.

detendremos en explicar el sistema, y sólo daremos en la figura 1094 un ejemplo.

Armaduras inglesas.—Son cerchas sin articulaciones, es decir, con los nudos roblonados. Se emplean bastante en la actualidad y

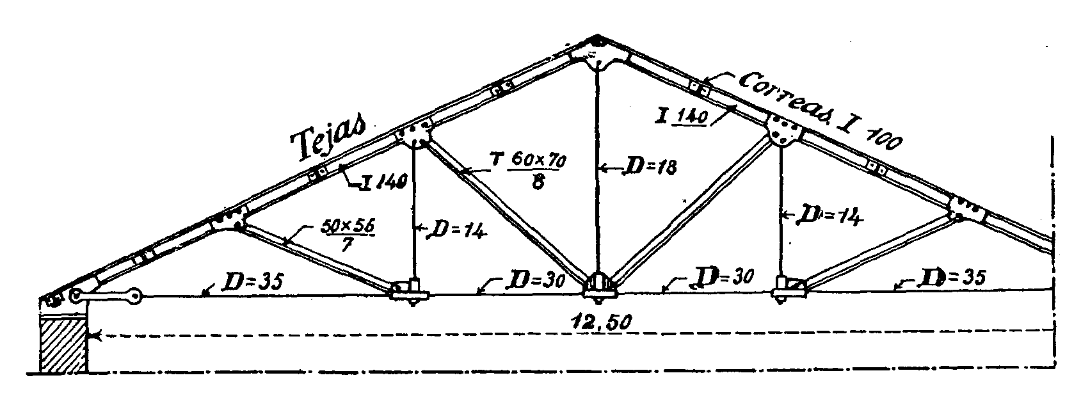


Fig. 1095.—Armadura inglesa de 12,50 m de luz, con separación de 4,00 m entre cerchas.

tienen la doble ventaja, sobre las cerchas Polonceau, de ser más fácil su puesta en obra y más sencilla su construcción, pues no necesitan piezas forjadas (fig. 1095).

En este tipo de cercha, los tornapuntas o diagonales pueden ser de hierro en T, en +, en ⊏ o en L; las péndolas pueden ser de hierro

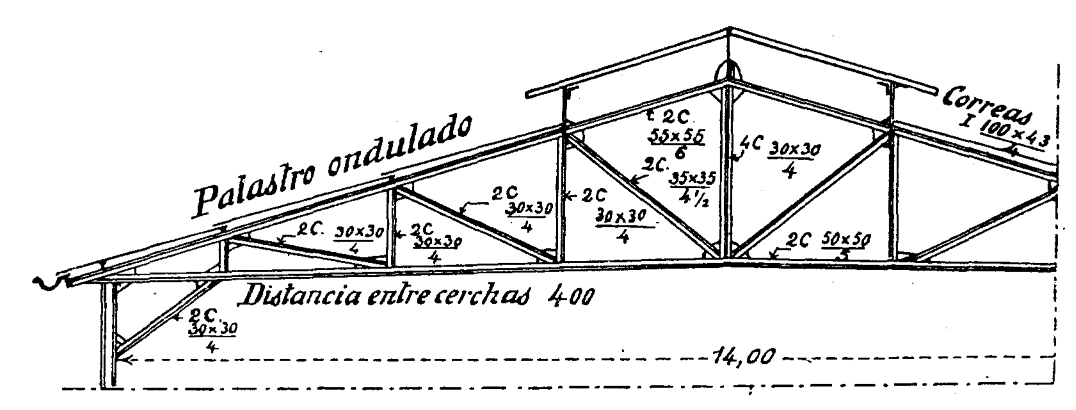


Fig. 1096.—Armadura inglesa de 14,00 m de luz, con separación de 4,00 m entre cerchas.

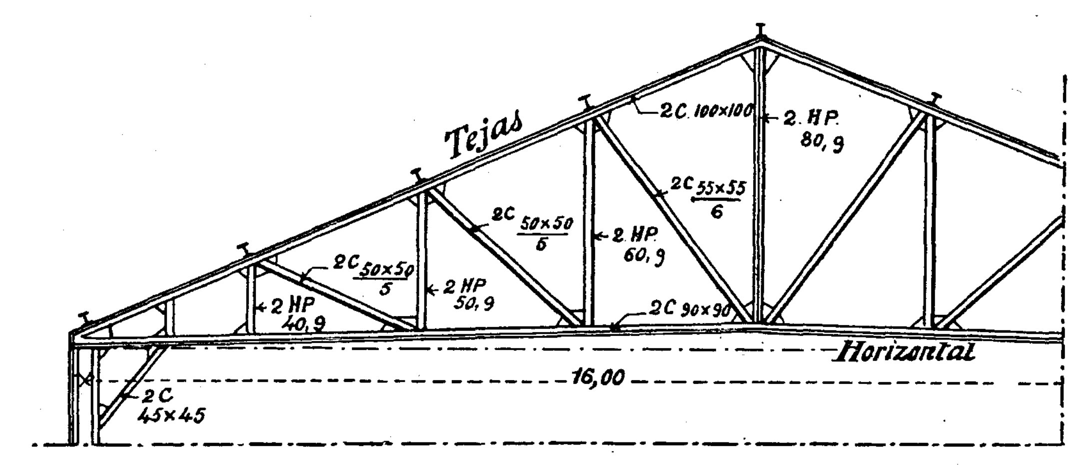
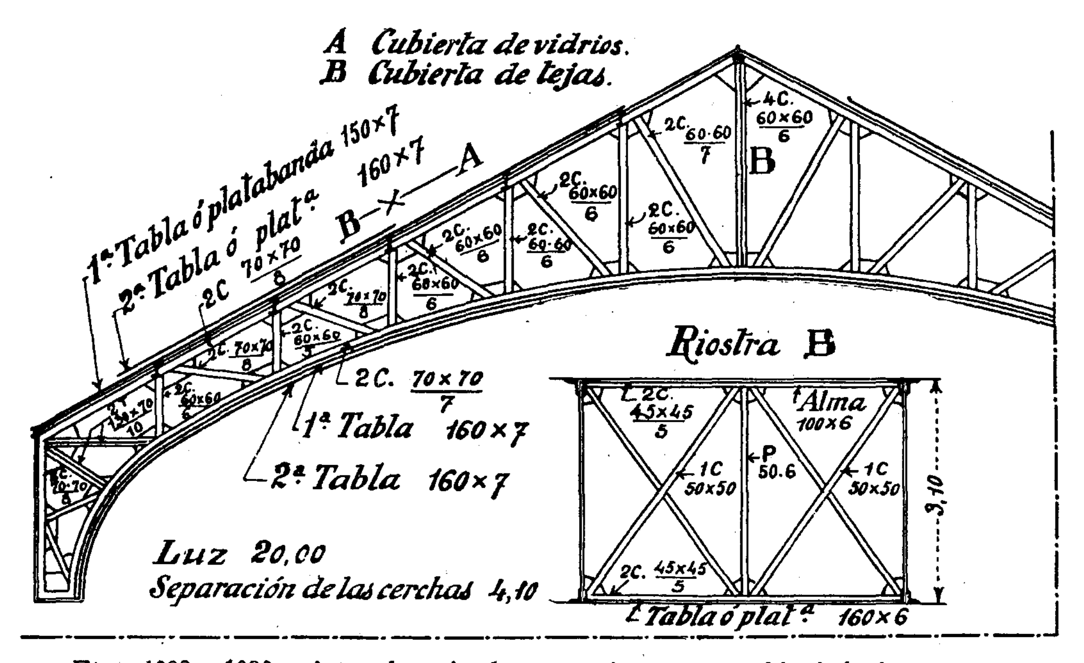


Fig. 1097.—Armadura inglesa de tirante peraltado, de 16,00 m de luz, con separación de 5,00 m entre cerchas.

redondo, pero muchas veces se construyen también con hierros de ángulo (fig. 1096).



Figs. 1098 y 1099.—Armadura inglesa con tirante o cordón inferior curvo.

También se construyen estas cerchas con el tirante peraltado;

esta disposición, más elegante, es defectuosa, puesto que la tracción del tirante, que tiende naturalmente a ponerlo en línea recta, se traduce en una tracción en las tornapuntas y péndolas y la combinación de estos esfuerzos da por resultado fatigar el par. En este caso, es necesario emplear para las péndolas hierros en **L**, en **T** o en + en vez de hierros redondos (fig. 1097).

La misma cercha también se hace de celosía; las tornapuntas y las péndolas son de hierros de ángulo, en **T**, etc., y las barras de la celosía de hierros planos. Al par se le da una sección superior a la del tirante.

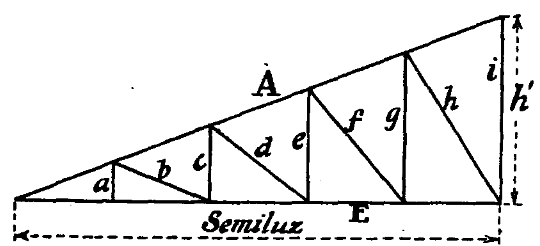


Fig. 1100.
Esquema de una cercha inglesa.

Finalmente, estas armaduras pueden tener tirante curvo (que en tal caso mejor se llamará cordón inferior) como se ve en la figura 1098.

TABLA DE LAS DIMENSIONES DE LAS PIEZAS QUE COMPONEN LAS ARMADURAS INGLESAS (véase la figura 1100)
Según G. OSLET

Luz m	Número de péndolas	Número de tornapuntas	Flecha *h'* m	Número, sección y dimensiones en mm de los hierros										
				Pares *A*	Tirante *E*	Péndola *a*	Péndola *c*	Péndola *e*	Péndola *g*	Péndola *i*	Tornapunta *b*	Tornapunta *d*	Tornapunta *f*	Tornapunta *h*
15 a 16	7	6	4,60	2 L 110×70 8	2 **[** 120×30 7	2 I 54×8	2 I 54×8	2 I 60×8	—	2 I 128×8	2 L 65×45 5	2 L 80×50 7	2 L 80×50 7	—
28	9	8	6,80	2 L 120×80 9	2 **[** 175×55 10	2 I 54×8	2 I 54×8	2 I 66×8	2 I 81×10	2 I 130×9	2 L 65×45 5	2 L 80×50 7	2 L 95×60 7	2 L 110×70 7

Según León Griveaud, se puede obtener el peso aproximado de una cercha americana por las fórmulas empíricas siguientes, en las que E representa la separación de las cerchas y L la luz:

para cubierta de teja plana	$1{,}0 \times E \times L^2$
» » teja mecánica. . .	$0{,}7 \times E \times L^2$
» » pizarra	$0{,}6 \times E \times L^2$
» » zinc	$0{,}5 \times E \times L^2$
» » vidrio	(ídem)
» » palastro ondulado .	(ídem)

Armaduras en diente de sierra. — Las armaduras conocidas con este nombre se emplearon por primera vez en Inglaterra (donde se llaman sheds); el aspecto (estas armaduras se colocan generalmente por grupos) de una cubierta con armaduras de esta clase, es realmente el de una sierra. La forma de estas armaduras, que puede parecer extraña si no se tiene en cuenta el fin que se persigue, es muy racional si se observa que se ha elegido para obtener una iluminación especial. Efectivamente, estas armaduras se hacen para evitar la luz demasiado viva de los rayos directos, y para esto la parte envidrierada mira siempre hacia el norte con objeto de obtener una luz difusa más constante y por lo tanto más favorable para ciertas industrias (fig. 1101).

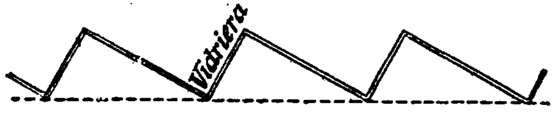


Fig. 1101. — Cubierta en diente de sierra.

La inclinación varía, dentro de ciertos límites, con la clase de cubierta que se emplee; sin embargo, como lo que en suma se persigue es obtener buena luz en cantidad suficiente, se puede, en términos generales, inclinar la cubierta propiamente dicha unos 30° y la parte envidrierada a 60°, de modo que el ángulo formado por el encuentro de las dos vertientes será recto (fig. 1102).

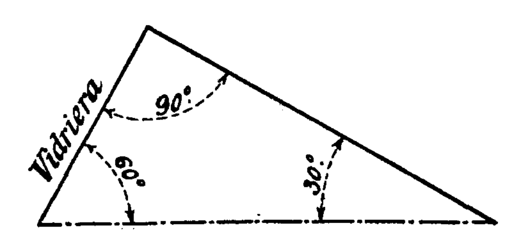


Fig. 1102.
Inclinación de las vertientes de una cubierta en diente de sierra.

Una de las dificultades que ofrece esta clase de armaduras es que casi siempre el canalón resulta demasiado pequeño; se debería construir un verdadero camino practicable, pues estas cubiertas ocupan casi siempre gran longitud y no siempre pueden tener el desagüe suficiente.

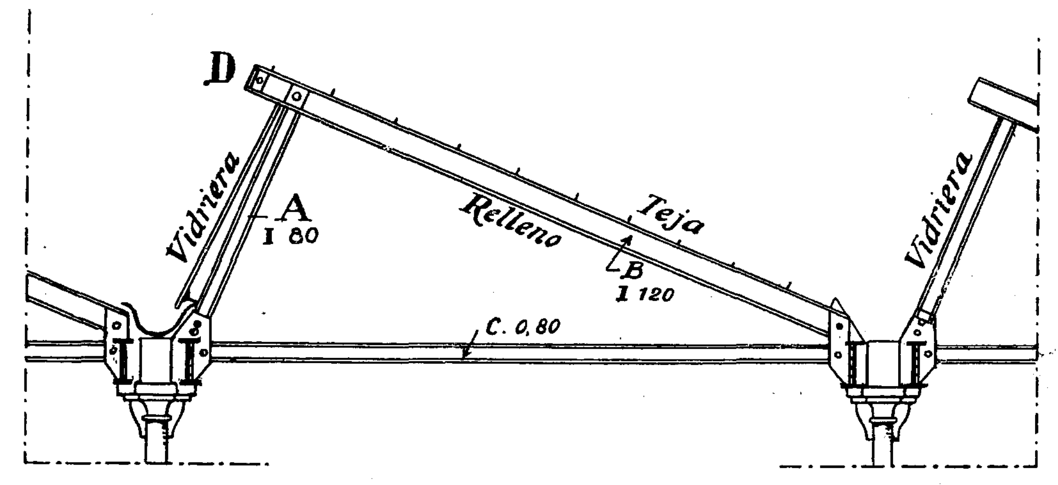


Fig. 1103. — Armaduras en diente de sierra para luces de 4 a 6 m.

Las armaduras de esta clase para luces pequeñas (de 4 a 6 m), se apoyan en vigas sostenidas por columnas, las cuales se arriostran entre sí por viguetas que forman tirante (fig. 1103); en estas condi-

ciones no hay verdaderos pares, sino cabios lo suficientemente próximos para que no hagan falta las correas, pues el enlatado es suficiente para cubrir el espacio comprendido entre dos cabios.

Los elementos *A* de la figura 1103 son hierros en I colocados a una distancia de 2,40 m; los *B* son también I con una separación de

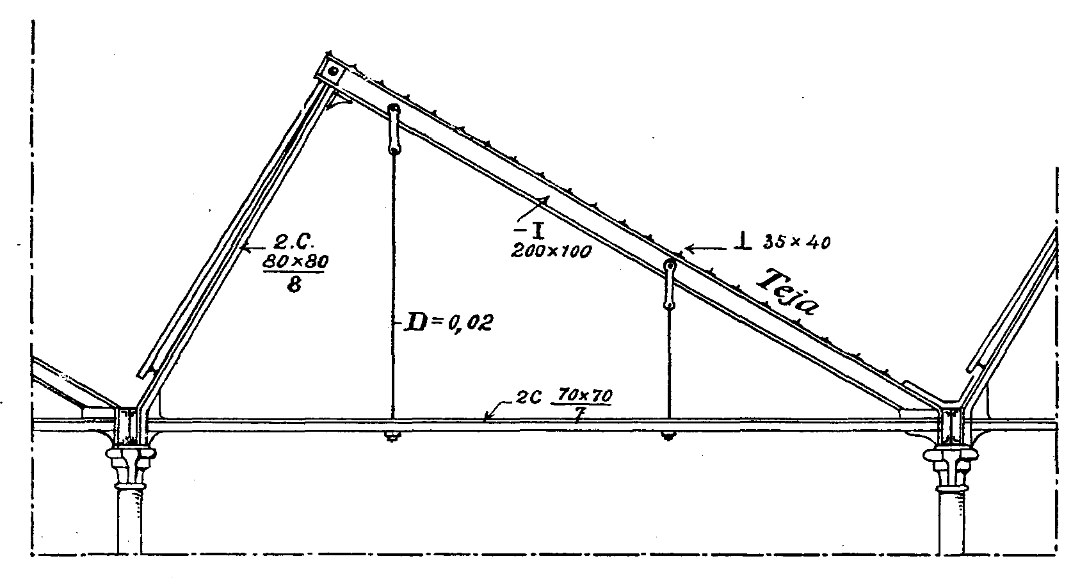


Fig. 1104.—Armadura en diente de sierra con tirante.

0,80 m; los *C* hierros I espaciados 2,40 m y, finalmente, los *D* son hierros en ⊏ longitudinales.

Cuando las luces son mayores, se pueden construir estos elementos con secciones compuestas, de alma llena o de celosía, con tirante y péndolas (fig. 1104).

En la figura 1104 las columnas están colocadas con una separación (perpendicularmente al plano del dibujo) de 5,60 m. Esta distancia de 5,60 m se divide en dos por una cercha secundaria que se apoya en las carreras, y entre aquélla y las cerchas principales hay cerchas de tercer orden de las mismas dimensiones, pero sin tirante.

Cuando la armadura se construye con tornapunta oblicua constituye una cercha ordinaria, en la que uno de los pares se prolonga más allá del caballete.

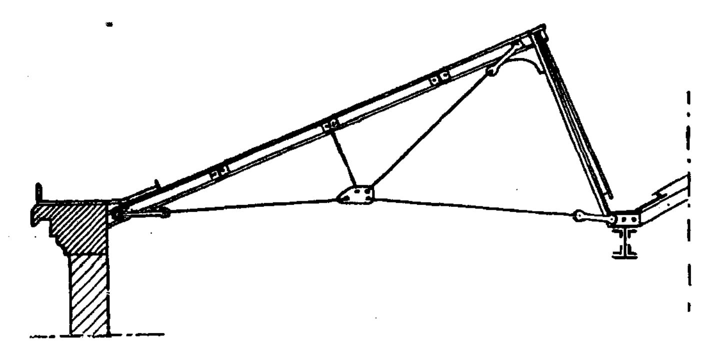


Fig. 1105.—Armadura articulada, en diente de sierra, tipo *Polonceau*.

Si tiene una tornapunta perpendicular al par, la cercha se asemeja a las del tipo Polonceau (fig. 1105).

PARES.—Los dos pares trabajan de distinta manera; la vertiente mayor, cuya luz es relativamente considerable, está sometida por el peso de la cubierta a un trabajo de flexión, por lo cual se construye

siempre de perfil en I, laminado o compuesto. El par pequeño, por el contrario, es una especie de puntal que soporta el peso del grande, y trabaja principalmente a compresión.

El par grande se calculará, pues, por la fórmula:

$$\frac{PL \cos a}{8} = R \frac{I}{n}$$

donde *a* representa el ángulo del par con el horizonte.

Para el par pequeño es suficiente multiplicar su sección transversal en cm^2 por un coeficiente de trabajo muy pequeño (de 400 a 500 Kg/cm^2) para deducir el esfuerzo que puede soportar.

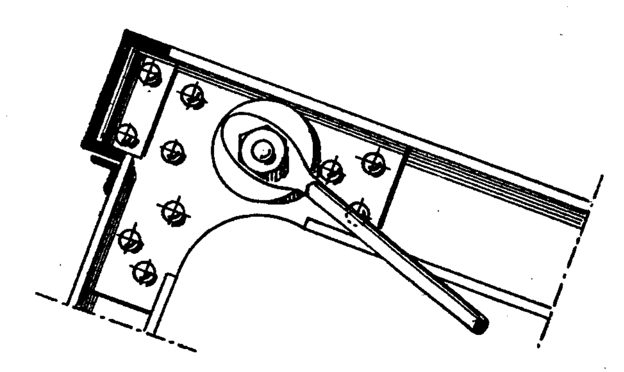


Fig. 1106. — Ensambladura de los pares de una armadura en diente de sierra.

Observemos que siempre se puede, dentro de ciertos límites, hacer que la retícula metálica del envidrierado contribuya al trabajo.

ENSAMBLADURAS DE LOS PARES ENTRE SÍ — Si los dos pares son hierros en I, es suficiente cortar las alas y unir las almas con dos gruesas cubrejuntas de palastro (fig. 1106). Algunas veces se deja que sobresalga el par propiamente dicho, como en el ejemplo de la figura 1103, con objeto de formar una especie de *sobradillo;* esta disposición es buena sobre todo cuando hay partes que se abren.

Otras veces, sobre todo si el par grande lo forma una viga de celosía, se sostiene por dos grandes cantoneras (figura 1107) que encepan el alma de ambos pares y contra los cuales se apoya por la cabeza superior el par grande. En el caso de armadura a la Polonceau, las cubrejuntas del caballete sirven al mismo tiempo para ensamblar el tirante por medio de un pasador (fig. 1106).

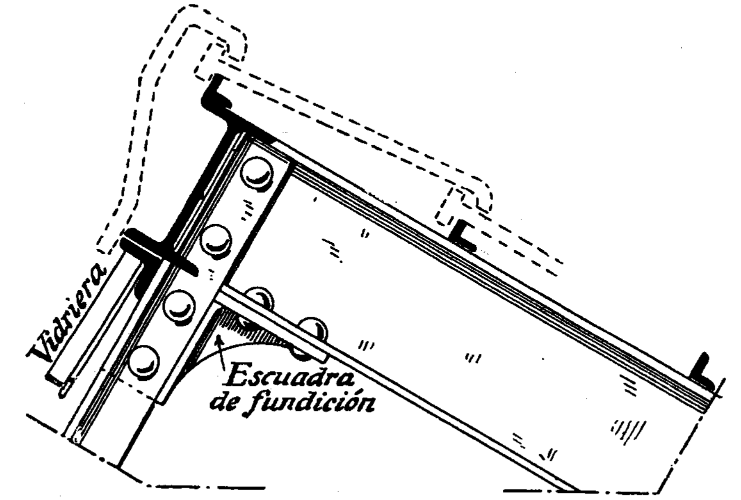
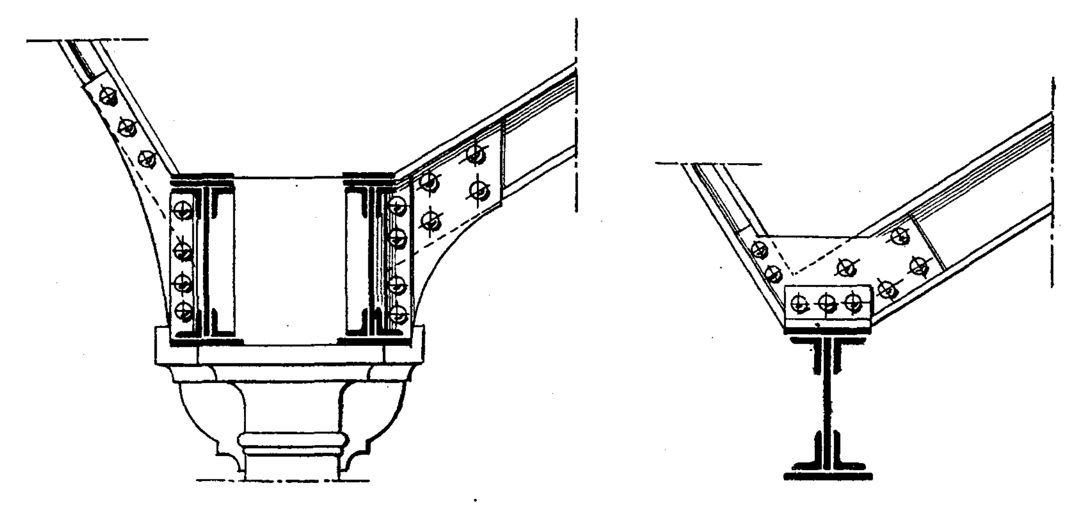


Fig. 1107. — Ensambladura de los pares de una armadura en diente de sierra.

ENSAMBLADURAS EN LOS APOYOS. — En los países del norte especialmente, se deben estudiar con cuidado estas ensambladuras. Es necesario, según nuestro criterio, hacer un canalón que sea un ver-

dadero camino, y para esto creemos que no hay nada mejor que la colocación de dos viguetas bastante separadas que reciban cada una el arranque de un par (fig. 1108). Sin embargo, se buscan con preferencia soluciones más económicas y el apoyo sobre una viga es en



Figs. 1108 y 1109.—Ensambladuras en los apoyos, para armaduras en diente de sierra.

realidad más sencillo; los dos pares se ensamblan entonces a la viga o uno con otro (fig. 1109), por medio de cubrejuntas como en el caballete.

CORREAS.—La ensambladura de las correas no presenta ninguna dificultad.

TIRANTES. — De ordinario, el tirante está compuesto de hierros de ángulo o de hierros en ⊏; en las del tipo Polonceau, el tirante es de hierro redondo (véanse los detalles de las figuras 1063 a 1071).

Armaduras a la Mansard.—Las cerchas a la Mansard o armaduras quebrantadas, tienen principalmente por objeto utilizar para habitación las buhardillas. Es cierto que tales buhardillas son muy calurosas en verano y muy frías en invierno, pero la demanda de habitaciones en las grandes ciudades hace que se adopte mucho tal sistema.

Prescindiendo, pues, de sus buenas o malas cualidades, vamos a estudiar estas armaduras. Tienen dos vertientes de distinta inclinación a cada lado de la cumbrera; cuando las ordenanzas municipales no exigen que las cerchas estén inscritas en una circunferencia de radio determinado, se puede trazar su perfil de varias maneras que dan siempre resultados satisfactorios, tanto desde el punto de vista de la elegancia como de la comodidad. — *Primer procedimiento* (fig. 1110): sobre la

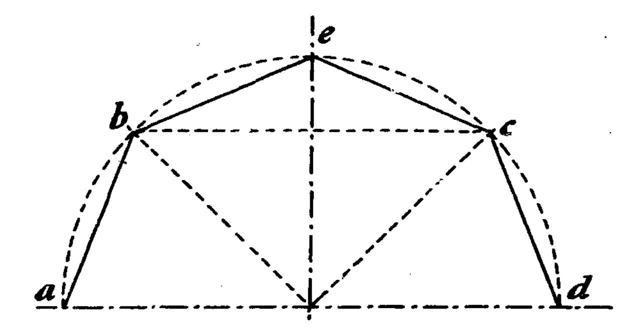


Fig. 1110. — Trazado de una cercha *a la Mansard*.

anchura mayor del edificio que se va a cubrir se describe una circunferencia que se divide en cuatro arcos iguales *ab, be, ec, cd;* las líneas que unen estos puntos dan el perfil de la cercha.—*Segundo procedimiento* (figura 1111): se divide la semicircunferencia en cinco partes iguales *ab, bb', b'c', c'd, de* y se trazan *ab, bc, cd, de.* — *Tercer procedimiento* (figura 1112): cuando es necesario dar altura a la cercha a causa del poco ancho de la misma, se recurre al siguiente trazado: se describe la semicircunferencia y se traza la tangente horizontal *bd,* después se divide el diámetro en seis partes iguales; las ordenadas levantadas en *ff* darán los puntos *b* y *d,* el punto *c* se obtendrá tomando sobre la tangente una altura igual a *af;* uniendo *a, b, c, d* y *e* se obtiene el perfil de la cercha.

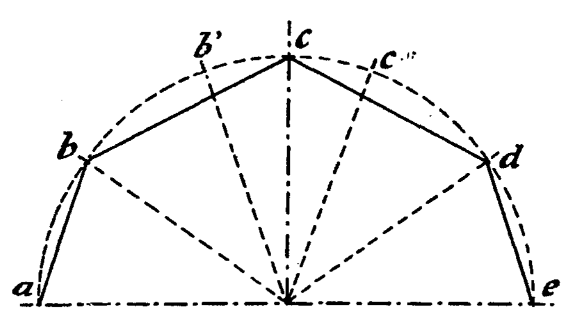


Fig. 1111. — Trazado de una cercha *a la Mansard.*

En la construcción de las casas de habitación, las cerchas quebrantadas se hacen, casi siempre, de madera, por ser más económico; no obstante, se empiezan a emplear ya las armaduras metálicas, que antes no se utilizaban sino raras veces.

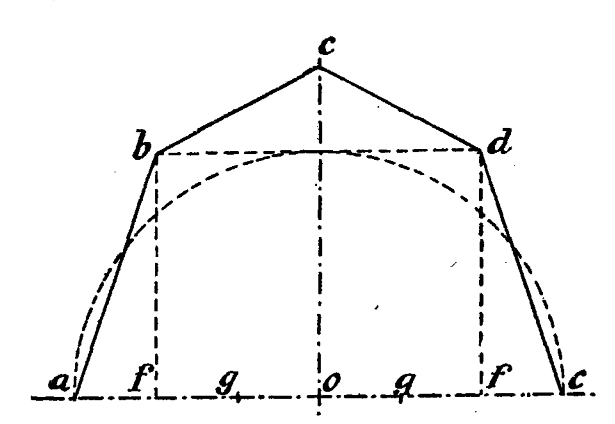
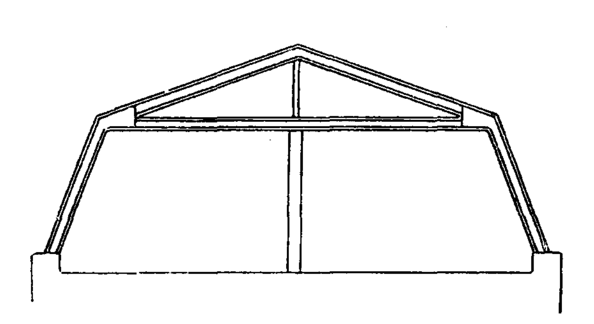


Fig. 1112. — Trazado de una cercha *a la Mansard.*

Los hierros en I son los más empleados en la construcción de las cerchas metálicas a la Mansard; según la distribución interior, la cubierta consta de mayor o menor número de cerchas, es decir, que en ciertos casos, cuando los tabiques pueden utilizarse, éstos reemplazan a las cerchas, para lo cual es suficiente colocar en aquéllos algunos montantes de hierros en I o de cualquier otro perfil adecuado.


Fig. 1113. — Armadura *a la Mansard,* para una casa de alquiler.

En la figura 1113 damos un corte de la armadura de una casa de habitación. En las viguetas del piso se ensamblan soleras de hierro plano (de 100 × 8 mm) o de hierro en ⊔ (también de 100 mm); sobre estas soleras se ensamblan por medio de cantoneras (cada metro si la disposición de los vanos lo permite) los cabios de la vertiente inferior, que son hierros en I (de 80 ó 100 mm, según

sea necesario), arriostrados entre sí por hierros planos (fig. 1114) o por pernos (fig. 1115); estas riostras distan de 75 a 80 cm por

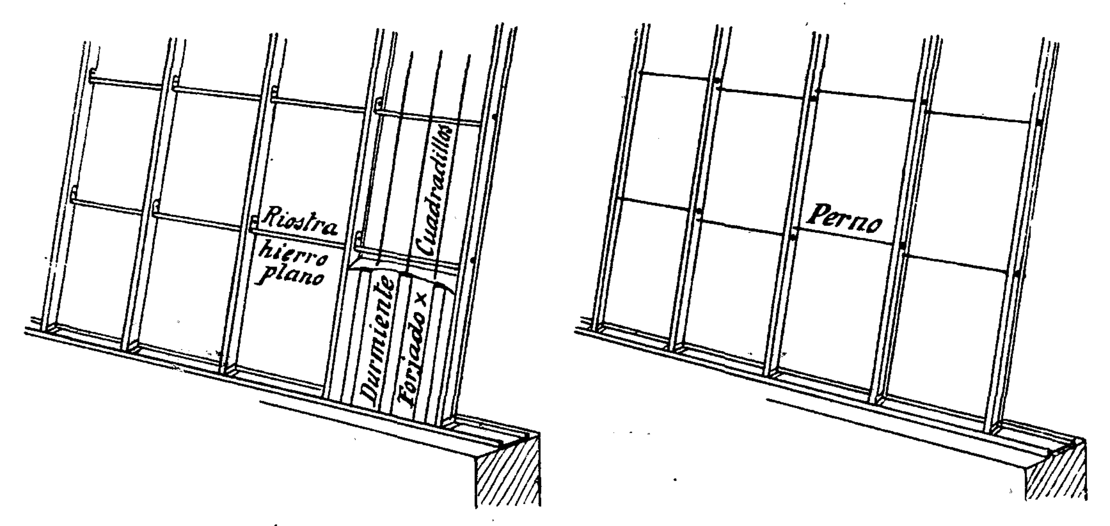


Fig. 1114. — Entramado de cabios de la vertiente inferior, en una armadura *a la Mansard.*

Fig. 1115. — Entramado de cabios de la vertiente inferior, en una armadura *a la Mansard.*

término medio unas de otras. En la cabeza de los cabios se ensambla una carrera de hierro en I (de 120 a 140 mm de altura), colocada

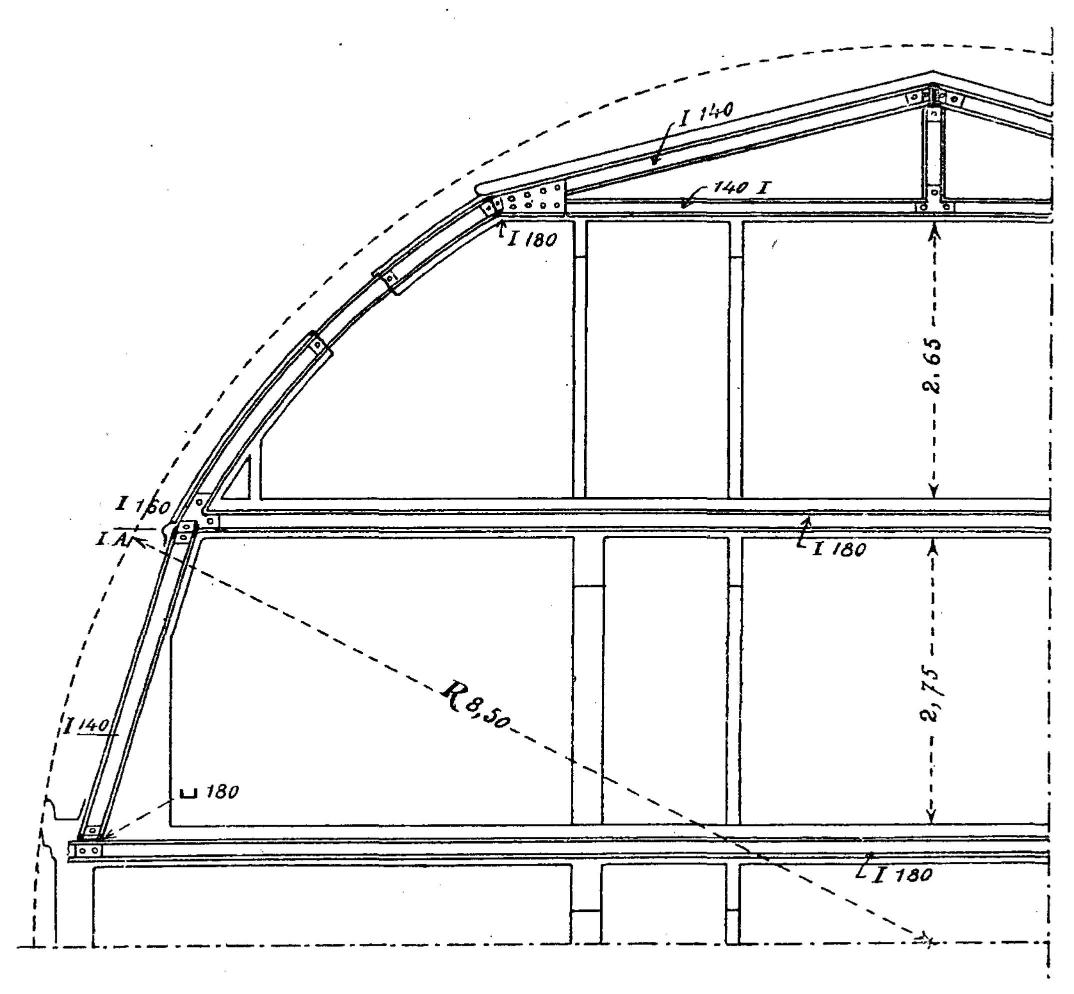


Fig. 1116. — Cercha *a la Mansard,* cuya altura abarca la de dos pisos.

con el alma horizontalmente, que sostiene el entramado del techo, compuesto de hierros I ligeros, toda vez que no soportan carga

alguna; estas viguetas pueden colocarse con separación de un metro aproximadamente. Como se ve en la figura 1113, el muro divisorio sostiene la cumbrera por medio de montantes verticales de hierro. La parte alta de la cercha está compuesta por dos pares de hierros en I (de 120 o de 140 mm de altura) colocados con la misma separación que los cabios de la vertiente inferior y arriostrados de idéntica manera; todas las partes comprendidas entre los hierros en I se forjan con yesones y yeso.

Mucho más económico es el empleo de cerchas mixtas, con esqueleto metálico y cabios de madera.

También pueden construirse, en calles anchas y donde las ordenanzas lo permitan, cerchas de este tipo que comprendan la altura de dos pisos. En la figura 1116 damos un ejemplo de esta clase de cerchas.

Las ensambladuras de estas cerchas no dan lugar a combinaciones particulares, pues siempre se hacen con cantoneras y tornillos.

Cerchas curvas sin tirante. — Esta clase de cercha, pero con tirante exterior, fué aplicada en la gran galería de 34 m de luz de la Exposición Universal de 1867 en París; la elegimos como ejemplo.

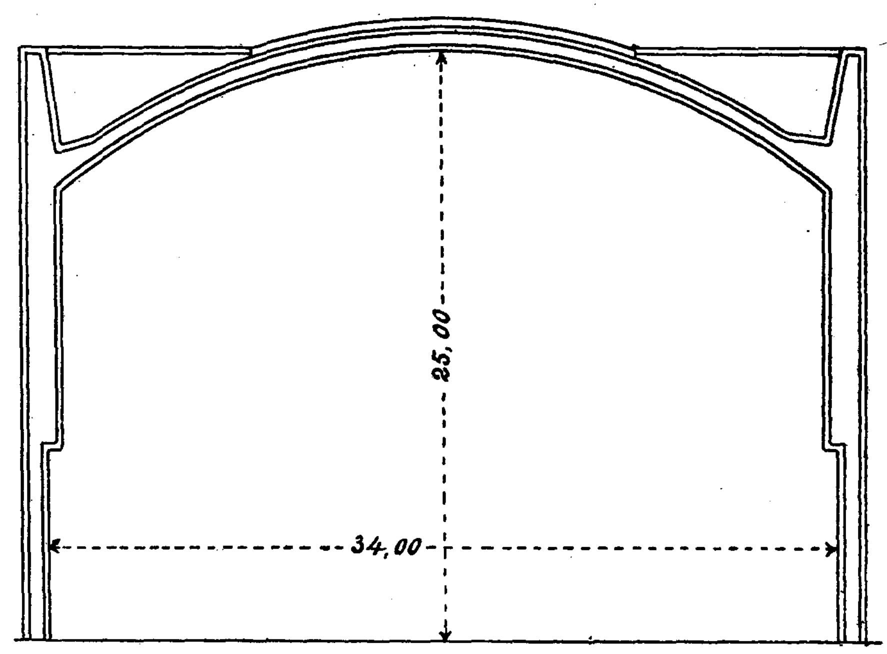


Fig. 1117. — Cercha con tirante superior de la gran nave de 34 m, de la Exposición Universal de 1867 en París.

Las cerchas de la nave (fig. 1117) estaban colocadas a 15,333 m de distancia unas de otras y se componían de montantes verticales de palastro, con sección de tubo rectangular (de 0,90 × 0,80 m en la parte inferior hasta la altura de 7,50 m, y de 0,90 × 1,35 m en la parte superior hasta el arranque del arco), ligados por un arco de palastro, también de sección tubular, con flecha de 6 m y luz libre de 33 m.

Los montantes estaban reforzados en su interior por hierros de

ángulo que consolidaban los cuatro vértices del rectángulo, y además, de metro en metro, por riostras de chapa, dejando paso en el centro a la tubería de zinc para dar salida a las aguas de la techumbre. Los arcos constaban de dos almas llenas de 80 cm de altura y distantes uno de otro 65 cm; los dos palastros iban unidos, de trecho en trecho, por cantoneras que mantenían invariable la distancia de las dos caras del arco y se oponían a la deformación en el sentido transversal. De la parte superior de cada montante, que rebasa 5 m del arranque del arco, parten dos tirantes que van al arco, destinados a evitar toda flexión del mismo y el empuje contra los apoyos.

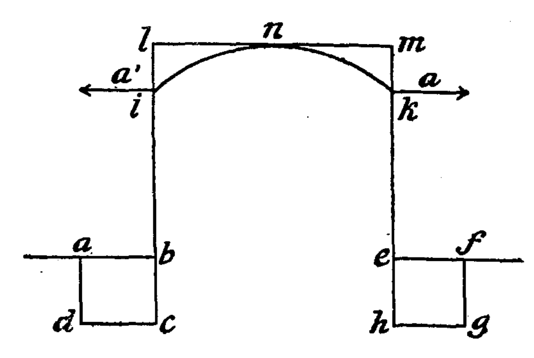
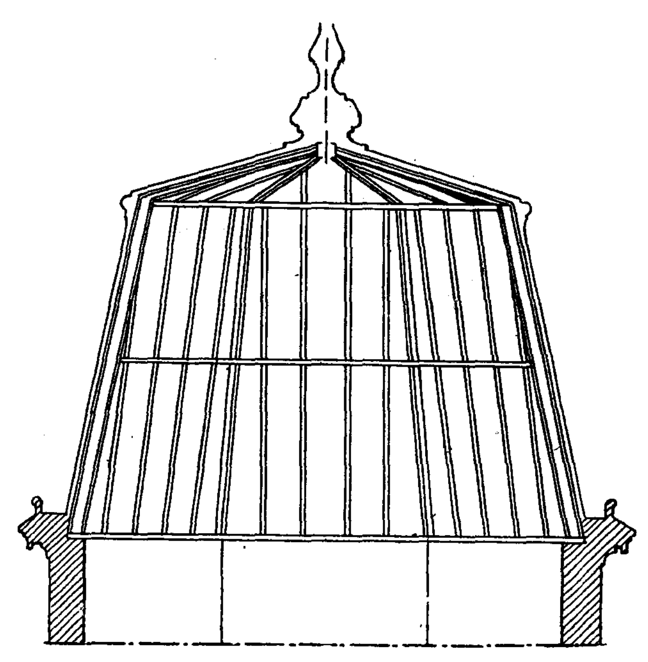


Fig. 1118.
Diagrama de la cercha representada en la figura anterior.

Los arcos de las diferentes cerchas se ligaban y arriostraban con diez correas (jácenas de alma llena) de 35 cm de altura en el centro y 80 en los puntos de ensambladura en los arcos; la hilera se componía de dos correas acopladas, y por fin, dos carreras gemelas formaban el canalón.

Este sistema de cercha ofrece una gran estabilidad; efectivamente, si examinamos el esquema de la figura 1118 se ve que las figuras *a b c d* y *e f g h* son indeformables por los empotramientos, pues son imposibles todos los movimientos de los puntos *b, c* y *e, h*. Por otra parte, el tirante superior *l, n, m* (que tiene la ventaja de dejar completamente libre el interior de la nave, contribuyendo a la esbeltez y elegancia de ésta) transforma en puntos fijos los *l* y *m*. Las piezas *l c* y *m h* actúan, pues, como dos vigas empotradas en *l* y *b* o en *m* y *e*, respectivamente, y sometidas en *i* o en *k* a la acción de dos fuerzas *a* y *a'* (componentes horizontales del empuje del arco) que tienden a flexarlas hacia afuera.


Fig. 1119. — Armadura para cubierta de pabellón.

Armaduras para cubiertas de pabellón.—Estas armaduras coronan los edificios cuya planta es un polígono regular. Se componen (fig. 1119) de vertientes de

forma triangular o trapezoidal en número igual al de lados de la base. El entramado de tales cubiertas se compone de pares de limatesa, correas y cabios; en la cúspide se reúnen todos los pares en un pendolón y el conjunto va apretado por un cincho.

Cúpulas. — Con planta circular o con planta poligonal, la forma y la construcción de las cerchas es la misma; sólo varía la forma de las correas, que son rectas o curvas respectivamente. Generalmente no se hacen de medio punto, pues es forma poco favorable para dar salida a las aguas en la coronación y por ser de mal efecto en perspectiva. Se prefiere la forma ojival de dos centros (fig. 1120).

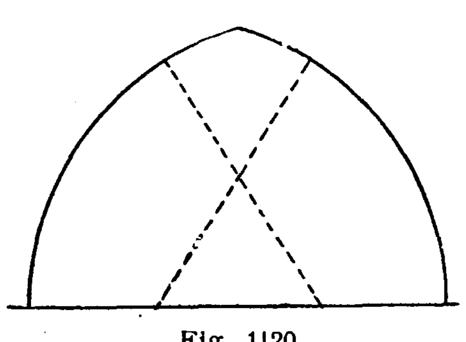
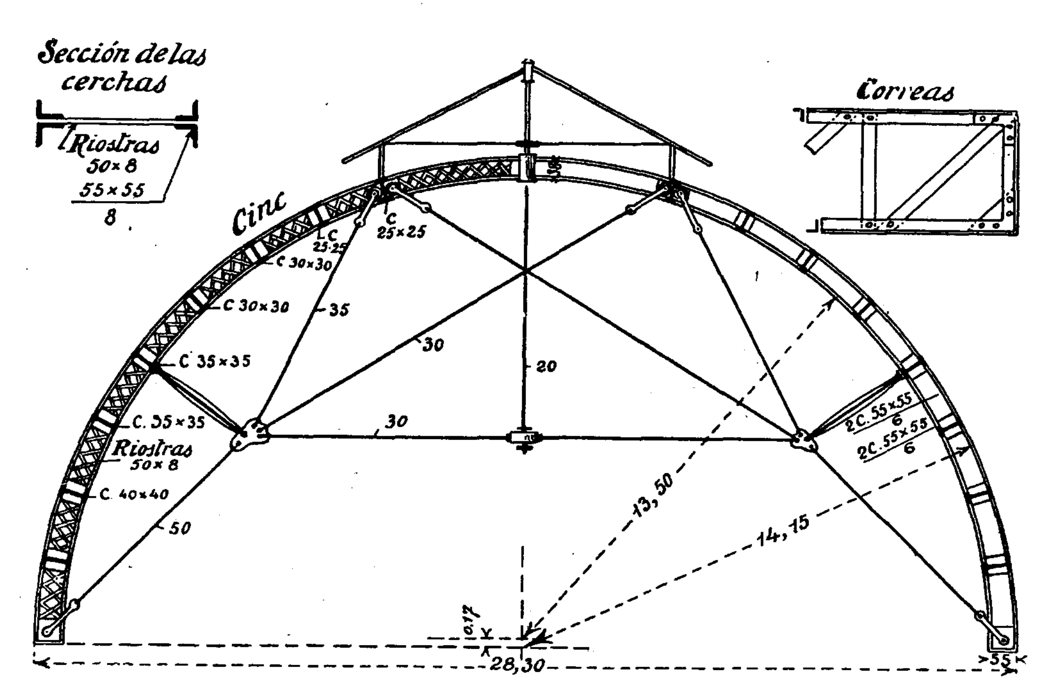


Fig. 1120.
Trazado del perfil ojival de una cúpula.

Algunas veces se construyen las cúpulas con cerchas curvas armadas con tornapuntas perpendiculares a la tangente, al estilo Polonceau (figs. 1121 a 1123). Puede muy bien prescindirse de todo este sistema de tensores, pues como que todas las cerchas están ligadas por las correas, no pueden flexarse hacia el



Figs. 1121 a 1123.—Cúpula de media naranja.

exterior ni hacia el interior sin que se opere en las correas una tracción o una compresión, respectivamente. Pueden, pues, considerarse las correas como una serie de anillos rígidos que ligan todas las cerchas entre sí y hacen que éstas sufran, casi únicamente, esfuerzos de compresión.

Cerchas decorativas.—En las armaduras no aparentes, basta preocuparse de la solidez y demás condiciones generales. No sucede lo mismo cuando la armadura debe quedar aparente por dentro o sostener una cubierta de cristales en grandes salones, almacenes, patios de hoteles, etc.; entonces no es posible conformarse con las formas lisas e industriales que se obtienen con los hierros laminados, siendo preciso decorar el entramado para que armonice con el resto de la construcción.

Los únicos medios (exceptuando la decoración mediante aplicaciones) que tiene el constructor para embellecer las construcciones metálicas son: la *fundición,* pues con el moldeo pueden obtenerse esculturas, rosetones, etc.; el *palastro recortado,* que por la alternancia de huecos y macizos, adornos sueltos, etc., permite disminuir

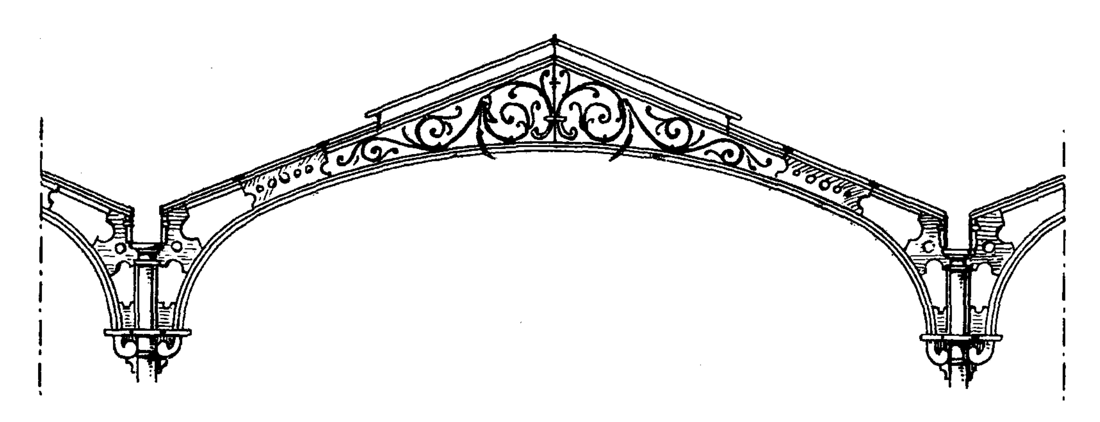


Fig. 1124.—Armadura de palastro, con decoración de hierro forjado.

el efecto de pesadez de ciertas partes de la armadura; los *hierros laminados con molduras;* el *hierro forjado,* con el que se forman consolas, floreos, etc.

Expondremos, como anteriormente, algunos ejemplos de aplicación. Para cerchas de luces pequeñas hasta de unos ocho metros pueden construirse cerchas decorativas (fig. 1124) muy ligeras, formadas con pares atirantados por un arco y rellenando el hueco entre ellos con adornos de hierro forjado, dispuestos de modo que contribuyan a la rigidez.

La forma ojival se presta mucho a ser decorada; su aspecto es muy elegante y acentúa aún más el carácter de ligereza del hierro. En el ejemplo de la figura 1125, las cerchas distan entre sí dos metros y se componen de dos hierros en **T** unidos por montantes de palastro y están enlazadas entre sí por correas (también de alma calada) muy ligeras y colocadas en saliente en el interior del arco. Las cerchas se apoyan en un ancho canalón de palastro moldurado y en consolas de fundición que hacen el papel de modillones.

Veamos ahora (fig. 1126) una aplicación del palastro recortado.

Estas pequeñas armaduras de medio punto pueden ser muy sólidas; se comprende que los puntos débiles están en los sitios donde el arco es casi tangente a los pares, pero se puede aumentar la altura de la

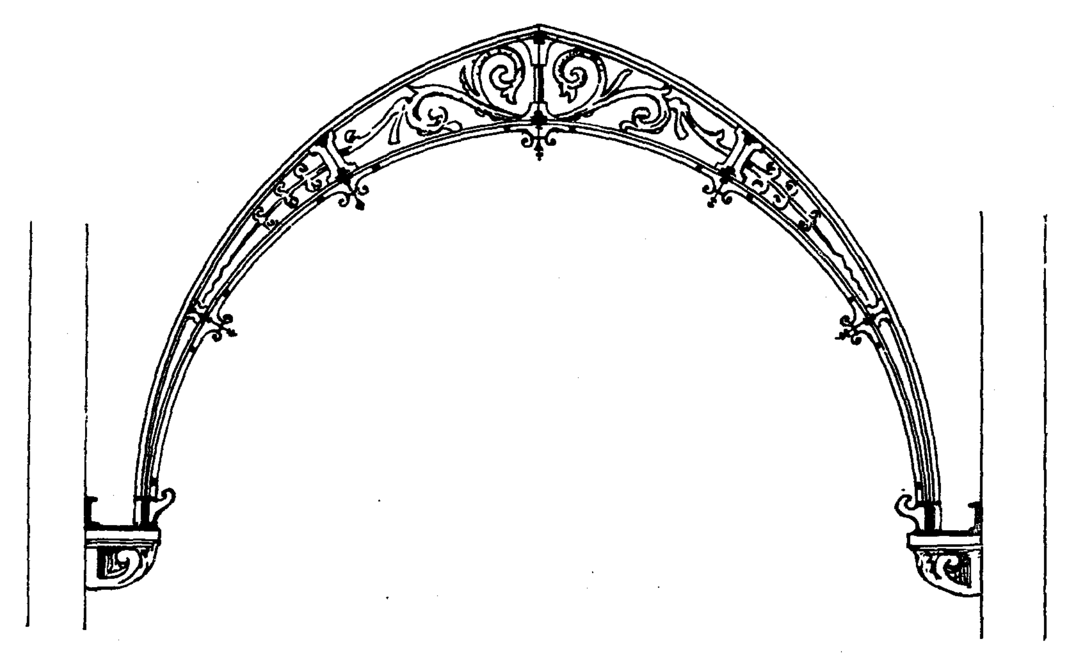


Fig. 1125. — Armadura con decoración de hierro forjado.

cercha en dicho punto o prolongar el alma exteriormente (fig. 1128). El recortado de estas cerchas se hace ordinariamente con la sierra, pero también puede hacerse con un punzón de diámetro bastante pequeño para que resulten inaparentes las irregularidades que deja este procedimiento (fig. 1127). El palastro, por la parte superior, está

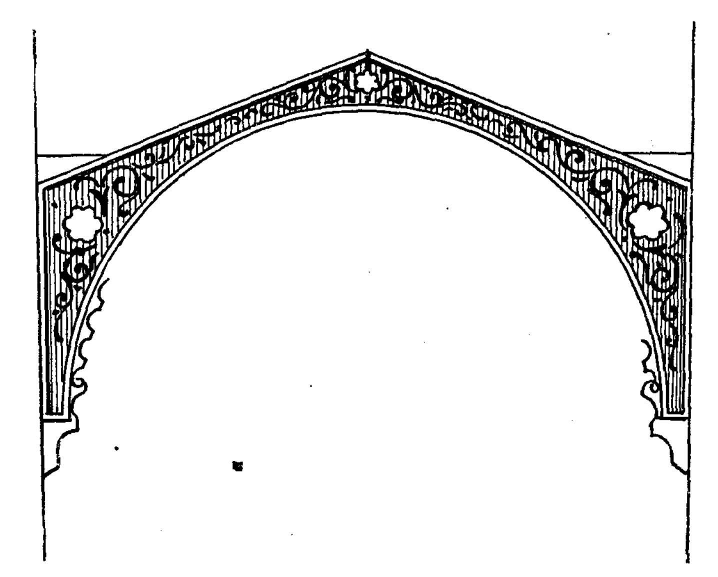


Fig. 1126. — Armadura decorativa con alma calada de palastro.

encepado entre dos cantoneras, que sirven al mismo tiempo para el envidrierado o para una cubierta cualquiera. Por la parte inferior se rebordea el palastro, de cada lado, con una mediacaña o un hierro moldurado (fig. 1128).

La figura 1129 representa una armadura más importante y también de aspecto muy ligero; esto nos da ocasión para hablar de un artificio del que se sirven los constructores para dar a las construcciones sólidas un arte de elegancia y atrevimiento. Este artificio consiste en evitar las partes pesadas disimulándolas del todo o en parte; así, en una armadura, colocando las correas y cerchas hacia afuera, es evidente que se aligera el aspecto del interior.

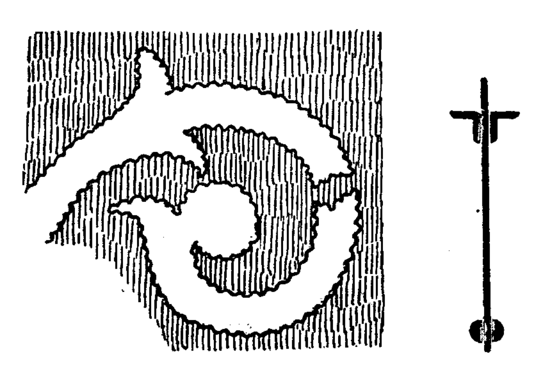


Fig. 1127. Modo de obtener la decoración del alma de palastro, por punzonado.

Fig. 1128. Sección transversal de la cercha anterior.

En nuestro ejemplo hemos tomado un término medio, sirviéndonos de dos centros diferentes para obtener entre los dos cordones de la cercha un cordón diagonal, por decirlo así, de modo que el espesor radial del arco va creciendo del arranque hasta la cúspide. Podría procederse al revés, es decir, empezar en el apoyo con todo el espesor radial e ir disminuyendo hasta la cumbre. Puede adoptarse una tercera solución, colocando la cubierta de modo que la cercha quede

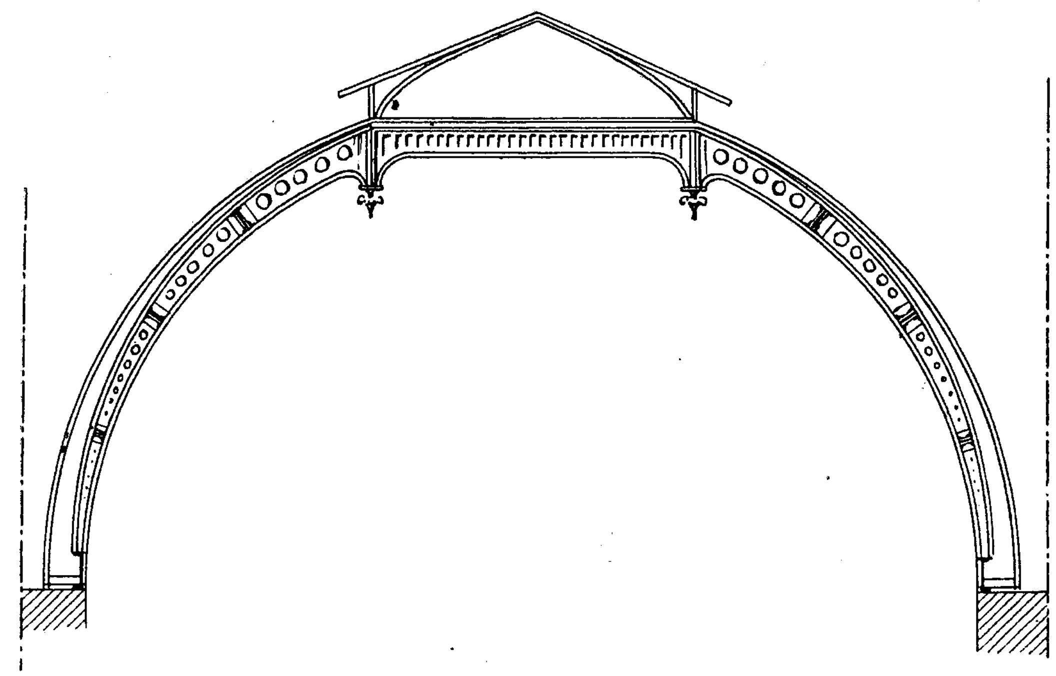


Fig. 1129. — Cercha decorativa de apariencia ligera.

completamente al exterior y aquélla sobre el cordón inferior de la armadura.

El empleo del palastro recortado en la decoración de las armaduras ofrece grandes recursos al constructor. En la figura 1130 damos otro ejemplo en el que la cercha aligerada afecta la forma

poligonal y puede colocarse entre dos edificios resistentes, pues produce empuje contra los apoyos.

La parte horizontal correspondiente a la linterna es recta, calada y con cantoneras; las cerchas tienen la forma de grandes ménsulas de alma calada y armadas también con cantoneras; el

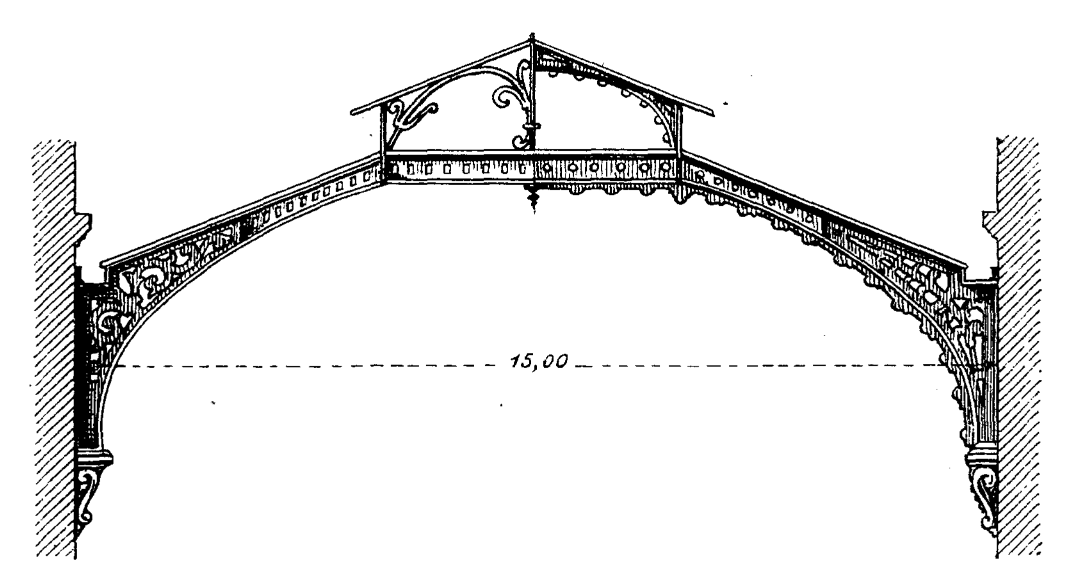


Fig. 1130.—Cercha decorativa de palastro calado.

apoyo de las cerchas se hace sobre cartelas de fundición empotradas en el muro. Las correas (fig. 1131) también son de palastro calado y tienen la misma composición. Esta construcción, que convendría admirablemente para una planta cuadrada, puede también utilizarse en las de forma rectangular con faldones en los extremos. La que representa la figura 1130 tiene una longitud de 25 metros, distribuída en cinco tramos de 3 metros más dos faldones de 5 metros cada uno.

La construcción es la siguiente: un canalón, compuesto de palastros de 400 $\times$ 5 mm para el fondo y de 200 $\times$ 4 mm para los lados, reforzado con cantoneras de $\frac{35 \times 35}{5}$ mm y molduras de hierro; las cerchas tienen alma de palastro de 6 mm, su cordón superior lo forman cantoneras de $\frac{50 \times 50}{6}$ mm, que se acodillan con el canalón de modo que no produzcan empuje sobre la pared vertical de éste. El cordón inferior consta de otras dos cantoneras de las mismas dimensiones, y por debajo se aplica un perfil moldurado que oculte la junta de las dos cantoneras y del alma y evite la forma lisa. Las correas tienen alma calada, de palastro de 2,5 mm de espesor, y cuatro cantoneras de $\frac{30 \times 30}{4}$.

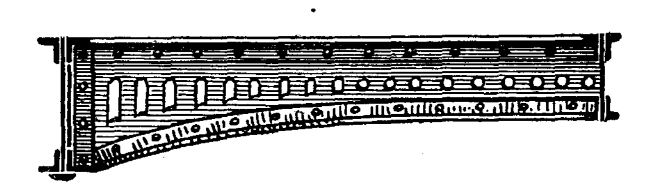
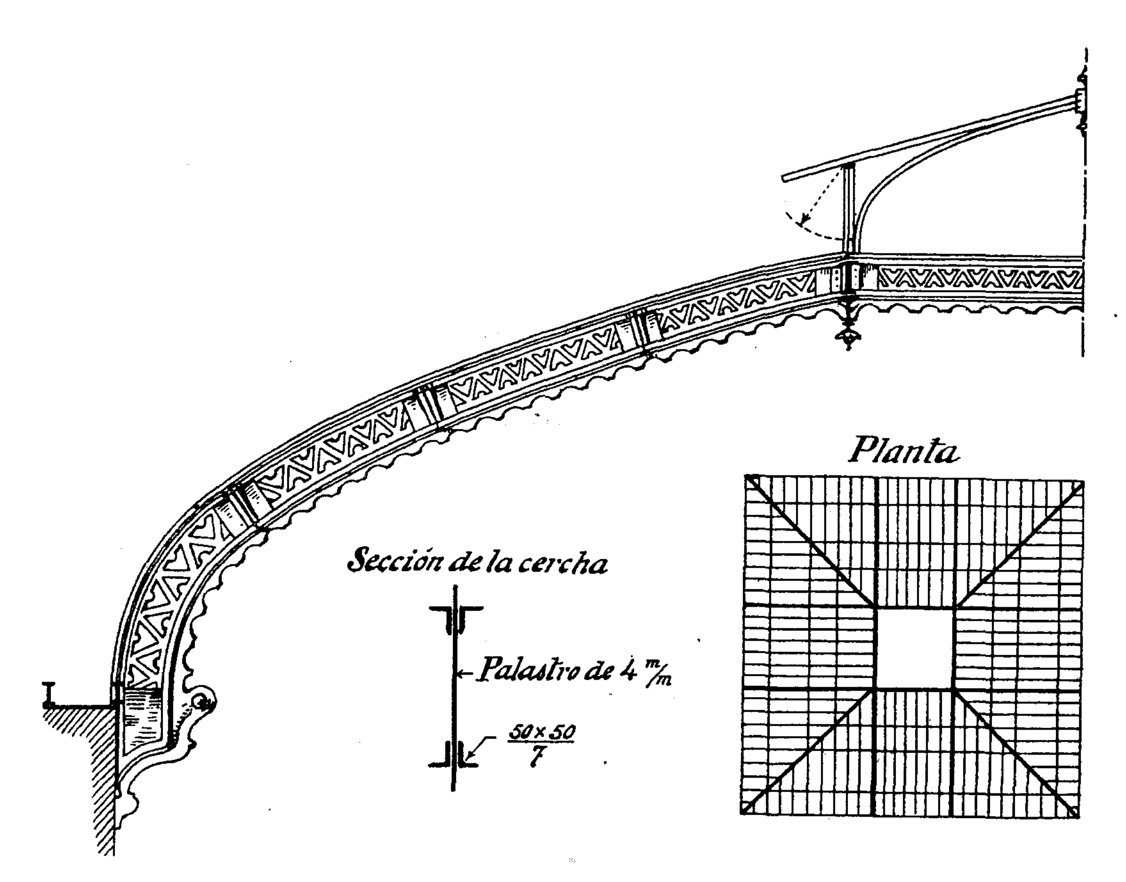


Fig. 1131.—Correa decorativa de alma calada.

En general, la mejor manera para proyectar el dibujo del alma sin perjudicar la resistencia, consiste en trazar la cercha, la correa o la vigueta, indicando la celosía como en un caso ordinario, y acomodar entonces el dibujo respetando lo más posible el principio de construcción, es decir, proceder de modo que en una sección cualquiera haya siempre un área equivalente a la que tendrían las barras de una celosía.

Terminaremos nuestra rápida ojeada sobre las cerchas deco-



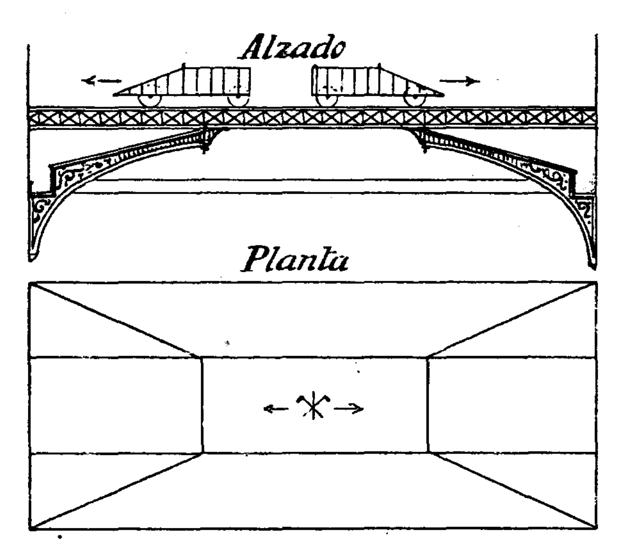
Figs. 1132 a 1134.—Armadura decorativa sobre planta cuadrada.

rativas con las figuras 1132 a 1134 y sólo haremos observar el recortado en **V**, que es una aplicación del método que acabamos de indicar.

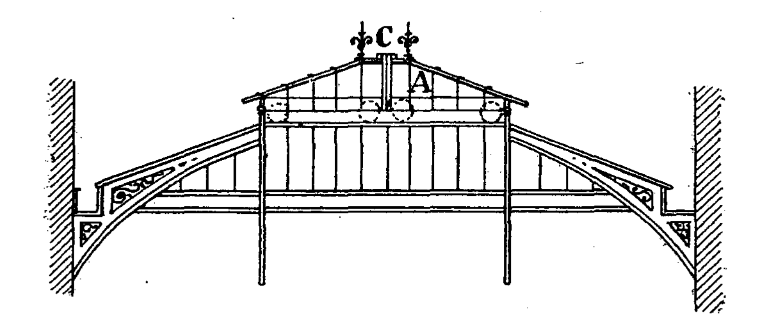
Armaduras levadizas, corredizas y giratorias.—La techumbre móvil en el sentido vertical se emplea muy raras veces; no obstante, podemos citar la aplicación que se hizo de ellas en las «Arenas» de París (rue Pergolèse), ya demolidas. El principio general es una cuestión de equilibrio por medio de contrapesos; en cuanto al aspecto, se reprocha a este tipo de armaduras móviles el parecerse demasiado a un gasómetro.

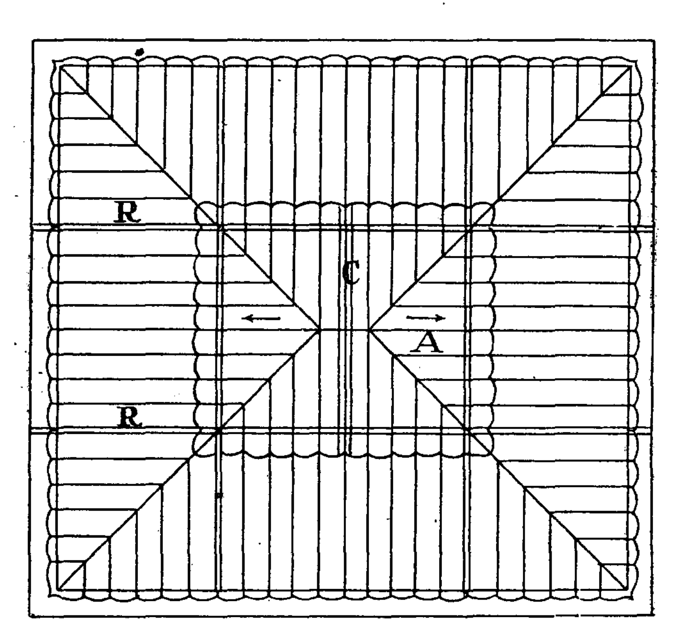
Las armaduras corredizas presentan la ventaja de dejar durante el buen tiempo cierto espacio enteramente al descubierto; por el contrario, necesitan siempre un espacio de terreno considerable para permitir la traslación de las partes móviles de la cubierta (figu-

ras 1135 y 1136). La aplicación de este sistema se ha hecho en el antiguo Hipódromo de París, y a continuación damos algunos detalles tomados de Oslet. El conjunto del edificio, todo de hierro, estaba coronado por dos robustas jácenas de celosía, de dos metros de altura, y que sobresalían a cada lado de la construcción una longitud igual a la semilinterna móvil. Sobre estas dos vigas, descansaban las semilinternas, fuera cual fuese la posición en que se colocaran. La linterna se componía de varias cerchas que no producían empuje, en teoría, y que en la práctica no lo ejercían sino muy insignificante, sobre los rodillos de movimiento. Los entramados de rodamiento eran un interesante ejemplo de arriostramiento horizontal. Estaban compuestos de vigas y viguetas de celosía, arriostradas por algunos hierros en ⊏ y tirantes; el conjunto presentaba cierto aspecto de ligereza dada su gran superficie horizontal (22,50 × 17 m). El peso soportado por cada una de estas vías (a 22 m de altura sobre el suelo) era de unas quince toneladas.



Figs. 1135 y 1136.—Armadura corrediza.

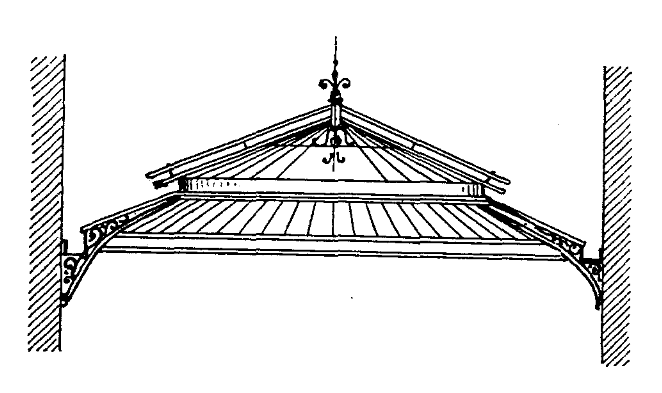


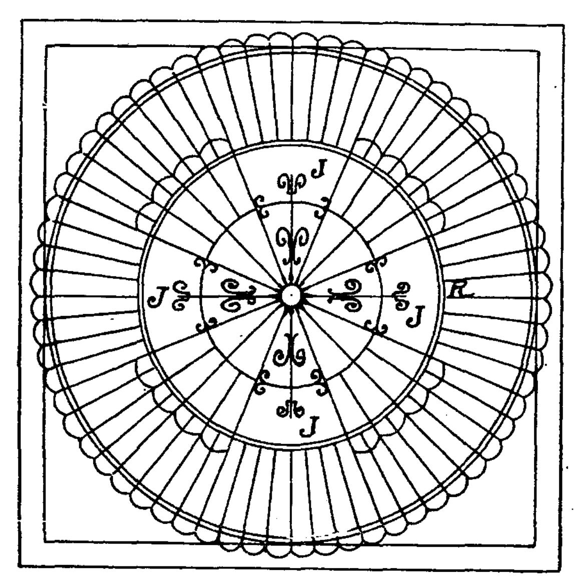


Figs. 1137 y 1138.—Armadura corrediza.

Nos falta decir dos palabras acerca de las armaduras giratorias. Cuando en 1887 propusimos la idea de aplicar el principio de la mariposa a las armaduras móviles, no conocíamos ningún ejemplo que se hubiera ejecutado; lo mismo pasa hoy, pues ignoramos si se ha hecho alguna aplicación.

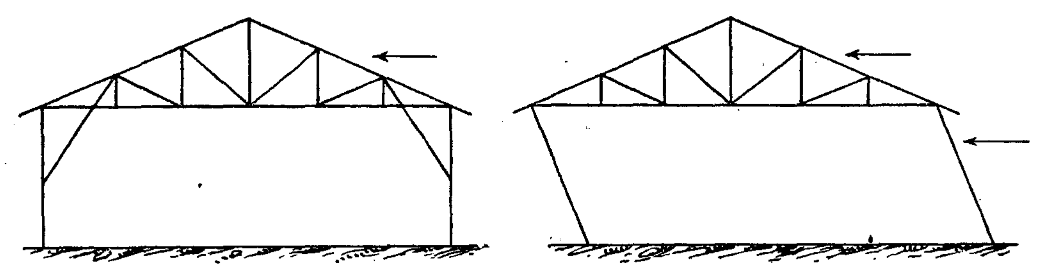
Reproducimos nuevamente nuestros dibujos (figs. 1139 y 1140) porque nos parece práctica la idea. Efectivamente, las armaduras levadizas tienen aspecto de gasómetros y necesitan todo un sistema de contrapesos que las equilibre; las armaduras corredizas ocupan mucho espacio, del que no siempre se puede disponer. Con nuestra armadura giratoria no se obtendría, ciertamente, más que una abertura igual a la mitad de la superficie, pero su funcionamiento es extraordinariamente sencillo, pues esta armadura no produce empuje, se equilibra por sí misma y puede ponerse en movimiento con gran facilidad. La armadura propiamente dicha se apoya contra una corona, donde descansa también la parte fija de la linterna; un carril circular de hierro plano o de hierro en I sirve de camino de rodamiento a los rodillos de la parte giratoria de la linterna.





Figs. 1139 y 1140.—Armadura giratoria.

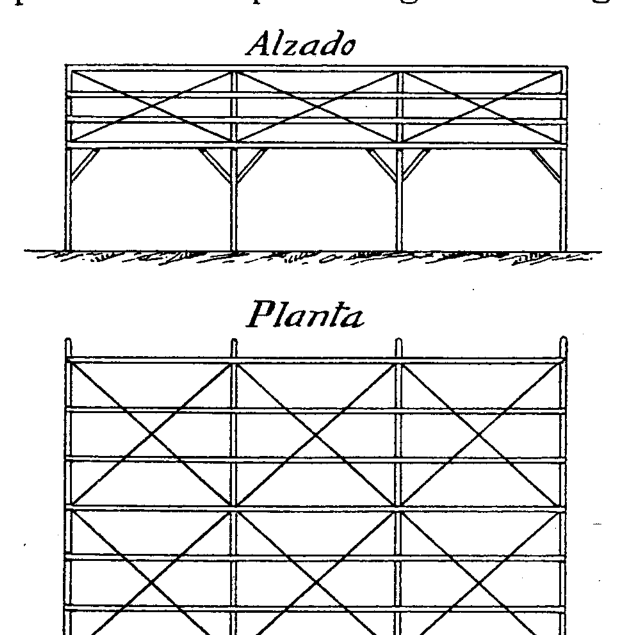
Arriostramiento de las cerchas.—Es muy importante estudiar bien el arriostramiento de las armaduras entre sí, pues el no hacerlo puede dar lugar a graves accidentes; vamos a evidenciar rápidamente su necesidad. Hemos visto que las armaduras se construyen



Figs. 1141 y 1142.—Efectos de una fuerza transversal, según que las armaduras tengan o no apoyos indeformables.

por medio de una triangulación que las hace indeformables, y que incluso se consolidan los apoyos por medio de tornapuntas (fig. 1141) o de ménsulas, sin lo cual nada impediría que la cercha, bajo la acción de una fuerza horizontal (del viento, por ejemplo) se viniera al suelo sin deformarse, como se ve en la figura 1142, accidente mucho más fre-

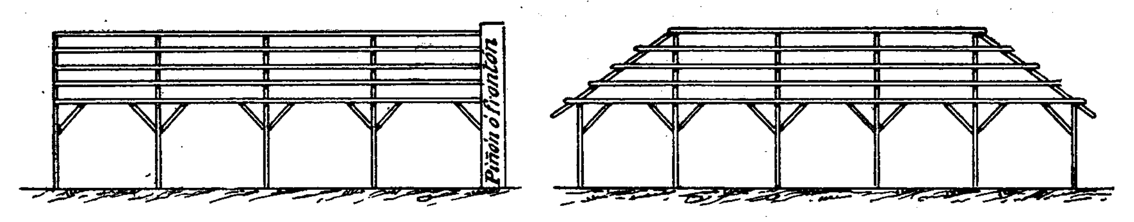
cuente de lo que se cree. Ahora bien: si, con razón, se toman tantas precauciones para asegurar la rigidez en un plano dado, se comprende que es indispensable hacer lo mismo en el otro. Una cercha, después de colocada, no puede mantenerse verticalmente en equilibrio y resistir a un esfuerzo (al viento, por ejemplo) más que si está apoyada por el intermedio de las correas contra una construcción estable, o también si está ligada a las demás cerchas por medio de figuras indeformables que trabajen por tracción o por compresión, según el sistema elegido.



Figs. 1143 y 1144. — Arriostramiento de las armaduras de una cubierta.

En la armadura mixta de que nos hemos ocupado en la figura 1048, haremos observar que el arriostramiento se ha obtenido por las tornapuntas que ligan la cumbrera con el pendolón y por los jabalcones que ligan las correas con las tornapuntas de las cerchas (véanse también las figuras 739 y 744).

Cuando el arriostramiento se hace con hierros, se efectúa siguiendo la pendiente de la techumbre con aspas de hierro plano, roblonadas a los pares, o mediante hierros redondos con tensores (figuras 1143 y 1144). También se puede constituir un arriostramiento vertical con aspas entre los pendolones (véase la figura 1099). Cuando



Figs. 1145 y 1146.—Cubiertas sin arriostramiento.

las armaduras tienen pares de bastante altura, el arriostramiento es posible dando a los extremos de las correas igual altura que al par.

Hay casos en los que no es indispensable el arriostramiento, como sucede cuando una armadura de dos vertientes termina por los dos extremos en muros-piñón sólidos, o incluso si hay un solo piñón. Entonces las correas del primer tramo sostienen la primera cercha y, por lo tanto, a todo el resto del sistema (fig. 1145); también puede prescindirse del arriostramiento cuando la armadura termina en dos faldones (fig. 1146).

CAPÍTULO IX

Cubiertas

CUBIERTAS DE PAJA, DE ESTERILLA Y DE CAÑAS

Cubiertas de paja.—Es la antigua y pintoresca cubierta de las habitaciones rurales.

Se emplea la paja del trigo y la del centeno para la confección de estas cubiertas, pero la primera es la mejor, pues es más rígida, menos quebradiza, y sobre todo más larga y facilita mejor la salida de las aguas pluviales. Una buena cubierta debe componerse de pajas de 1,20 m de longitud (fig. 1147).

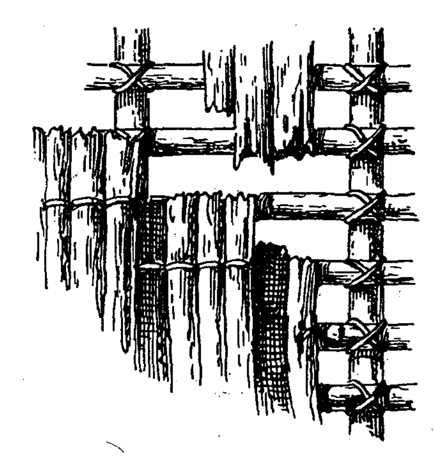


Fig. 1147.—Atado de la paja.

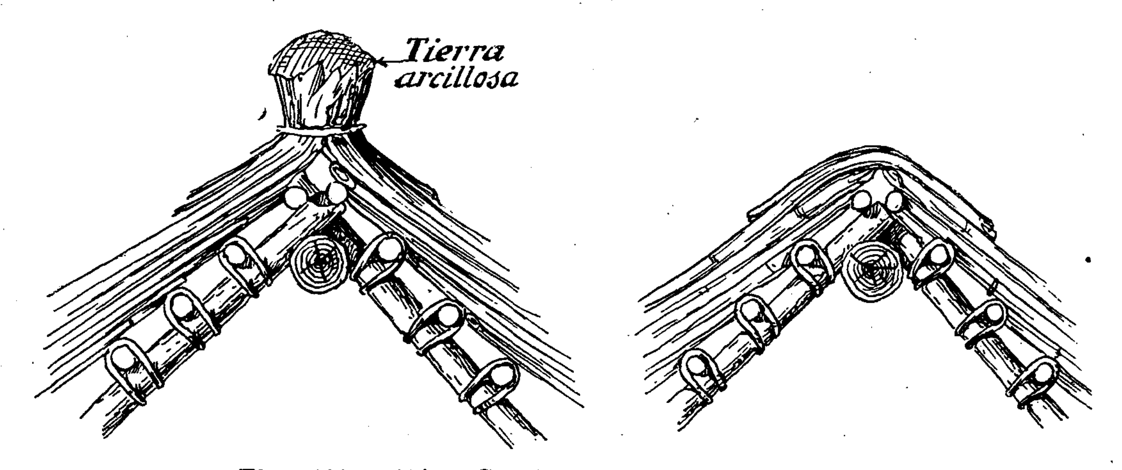
El bálago o paja tiende a emplearse cada vez menos, a causa de los peligros de incendio que presenta, y no se usa apenas más que para las construcciones secundarias en parques de grandes propiedades, para abrigos, quioscos, etc.

Las cubiertas de paja exigen una inclinación bastante grande,

alrededor de los 45°, es decir, de un metro de base por uno de altura; su armadura es tosca, y las maderas, que se emplean a veces en rollo, se unen sencillamente con cabillas. El enlistonado se hace con ramas amarradas a los cabios por una ligadura de mimbre, o bien fijadas con clavos; la separación de estos listones varía entre 16 y 20 cm. Las pajas se reúnen en haces de 25 cm de diámetro; estos haces se igualan por sus extremos y se unen, de dos en dos, por una ligadura de mimbre; otra atadura de la misma naturaleza las fija al enlistonado.

Los haces se colocan comenzando por la parte inferior, donde se ponen las gavillas más cortas; otras veces se colocan también grandes haces o gavillas y se recortan después.

Cuando se emplean haces de 1,20 m de longitud se necesitan cinco o seis haces superpuestos, que apretados forman un espesor de unos 30 cm y pesan alrededor de 20 ó 22 Kg por metro cuadrado,



Figs. 1148 y 1149.—Cumbreras de cubiertas de paja.

peso que aumenta considerablemente con el tiempo, por efecto del polvo, que se fija por las lluvias, taponando la paja, que se cubre bien pronto de musgo.

El caballete se dispone de dos maneras: apoyando unas contra otras las gavillas más altas de las dos vertientes, debajo de las cuales se colocan otras montadas sobre la cumbrera, y ligándolas (figura 1148) para formar una crestería, que se protege guarneciendo la parte superior con arcilla. También puede hacerse el caballete con haces que cabalguen, sencillamente, sobre la cumbrera (fig. 1149). Estas cubiertas se terminan peinándolas con un rastrillo de madera llamado *peine,* cuyos dientes están muy juntos.

Cubiertas de esterilla.—Las cubiertas de esterilla de paja son mucho más económicas que las de paja ordinaria; se emplean con frecuencia en las pequeñas construcciones de parques y jardines. Difieren de las de paja ordinaria en que el material va entretejido en la colocación, siendo también bastante diferente el espesor. Las

esterillas se venden en rollos, que se fijan al enlatado por medio de clavos. A veces se colocan también sobre un chillado de tablas solapadas (fig. 1151).

Cubiertas de cañas.—Estas cubiertas—dice Rondelet—se hacen con las cañas (carrizos) que crecen en los pantanos; se ejecutan, con poca diferencia, como las de paja, pero es necesario que las ramas o varillas que constituyen el enlatado estén menos separadas unas de

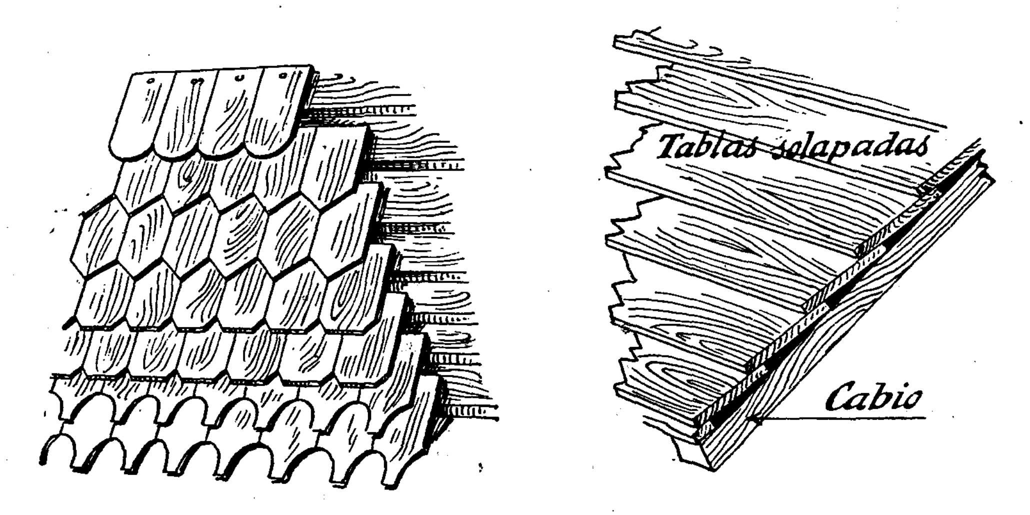


Fig. 1150.—Cubierta de tabletas. Fig. 1151.—Cubierta de tablas solapadas.

otras (unos ocho centímetros), y como las cañas pueden deslizarse, se atan en varios sitios. Esta clase de cubierta exige más destreza que las de paja y es más cara, pero cuando está bien hecha puede durar lo menos cuarenta años, sin que haya necesidad de efectuar reparación alguna.

CUBIERTAS DE MADERA

Cubiertas de tablas.—Un tipo de cubierta de madera, empleado en las construcciones provisionales, consiste sencillamente en tablas colocadas horizontalmente con un recubrimiento de unos tres centímetros y clavadas en los cabios (fig. 1151). Estas tablas constituyen, por decirlo así, largas tejas de madera que desaguan las unas en las otras. Se puede dar mayor duración a esta cubierta alquitranándola.

También se emplea este sistema de construcción para cerrar entramados verticales (véase la página 252).

Tabletas.—La cubierta de tabletas (fig. 1150) se hace a menudo sobre un *chillado* de tablas que dejen, entre sí, claros de uno o uno y medio centímetros o sobre tablas solapadas; pero también se pueden clavar las tablas sobre listones colocados a la distancia conveniente para obtener la mayor o menor porción aparente de las tabletas, es decir, según el recubrimiento que éstas deban tener.

Las tabletas se hacen de encina, de castaño o también de pino. Antiguamente, la tableta era siempre de madera de raja y se elegían con preferencia las maderas de hilo sin nudos, se ponían en su forma natural y se formaba una cubierta sencilla, ligera y sólida. En la actualidad, con los progresos de la industria, se emplea la madera de sierra, la tabla, que evita el empleo de una calidad determinada, pero que da una cubierta bastante inferior.

La tableta es siempre más larga que ancha y su extremo aparente afecta diversas formas (fig. 1150), pues se corta a escuadra, en diente de sierra, redondeado o de cualquier otra forma. Las tabletas se fijan sobre los listones con un solo clavo y se colocan adosadas; su parte *vista* o aparente puede variar, pero ordinariamente la tableta de 22 cm de longitud solapa la mitad de la tableta precedente, dejando 11 cm aparentes. Se puede dar a las tabletas de 20 a 30 cm, o más, de longitud, un ancho variable entre 7 y 15 cm, y espesor de 6 a 20 milímetros.

Una buena cubierta de esta clase debe ser muy inclinada (unos 45°) y estar hecha con tabletas muy estrechas, pues así la madera se alabea menos y está menos expuesta a henderse.

Las tabletas se emplean también para el revestimiento de paredes verticales de poco espesor, como son los entramados de madera, y también sobre los muros expuestos a los vientos de temporal y a las lluvias.

CUBIERTAS DE CARTÓN EMBETUNADO

Propiedades y dimensiones de este material. — Esta clase de cubierta es relativamente moderna: su empleo no se remonta a un siglo todavía. La consideran algunos como la más costosa de las cubiertas, a pesar de su módico precio, atendiendo a su poca duración y a las reparaciones que necesita. Sin tratar aquí de defenderla, debemos decir que su mala reputación procede de que no se tiene bastante en cuenta que el cartón embetunado no debe considerarse sino como cubierta provisional y que no puede presentar, por lo tanto, las cualidades de solidez que reúnen otras cubiertas. No puede pretenderse emplear el cartón o el cáñamo embetunados, el cartón cuero, etc., en las condiciones desventajosas en que se usan otras cubiertas ni exigir de aquellos materiales un trabajo excesivo, o que se pueda caminar por encima, porque, entonces, la acción alternativa del sol y de la lluvia y la deficiente conservación convierten en quebradizos tales materiales y el tacón o los clavos del calzado agujerean el cartón, originando goteras que obligan a reparar y aun a rehacer toda la cubierta.

Entonces, si hay que renovar a menudo la cubierta, claro es que

resulta más cara que las otras; pero si se emplea el cartón embetunado cuando realmente está indicado en buenas condiciones de colocación, de conservación y con las debidas precauciones, se obtiene una economía considerable y una cubierta muy impermeable que presenta garantías de duración suficiente.

La pendiente ordinaria varía de 18 a 21°, según el recubrimiento que se dé a los cartones. El cartón embetunado se fabrica en rollos de 0,70, 0,80 y 1,00 m de ancho y de 12 a 32 m de largo. Se fabrica enarenado o liso; pesa unos 3 Kg por metro cuadrado, o sea casi 6 Kg comprendido el enlistonado.

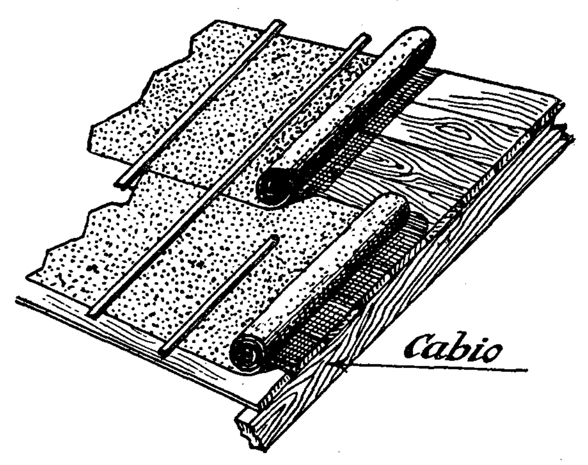


Fig. 1152. — Cubierta de cartón embetunado, con las tiras dispuestas paralelamente a la cumbrera.

Colocación.—Se coloca desenrollándolo paralelamente a la cumbrera, empezando por el alero y solapándolo 10 cm, por lo menos. Después, en cada cabio, se clava un listón perpendicularmente a la cumbrera, y luego se alquitrana. En este caso, el cartón embetunado se coloca siempre sobre un chillado (fig. 1152).

Cuando se emplea de un modo absolutamente provisional, se puede suprimir el chillado. En este caso, se desarrolla el cartón perpendicularmente a la cumbrera; es menester tener cuidado de disponer los cabios a una distancia apropiada al ancho del cartón. Después se clavan listones, cubrejuntas, sobre los cabios (fig. 1153).

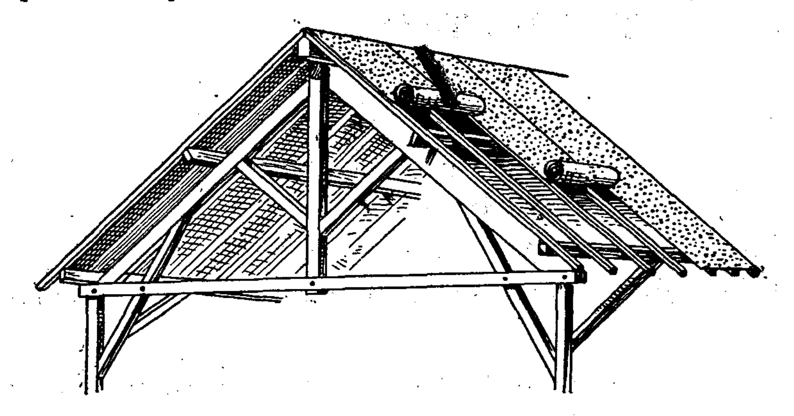


Fig. 1153. — Cubierta de cartón embetunado, con las tiras dispuestas perpendicularmente a la cumbrera.

En los dos casos que preceden se debe alquitranar la cubierta por completo y renovar el alquitranado todos los años.

Diversas aplicaciones del cartón embetunado. — También se aplica el cartón embetunado en otros casos que examinaremos brevemente.

Debajo de las tejas. — La teja, excelente cubierta para ver-

tientes lisas y planas, deja, cuando se trata de superficies curvas o alabeadas, paso a la lluvia menuda y a la nieve. Entonces, resulta ventajoso el cartón embetunado, dispuesto, como indica la figura 1154, sobre los listones y colocando la teja como de ordinario.

Debajo de entarimados. — Se clava el cartón embetunado sobre los durmientes y después el entarimado, como de ordinario (fig. 1155).

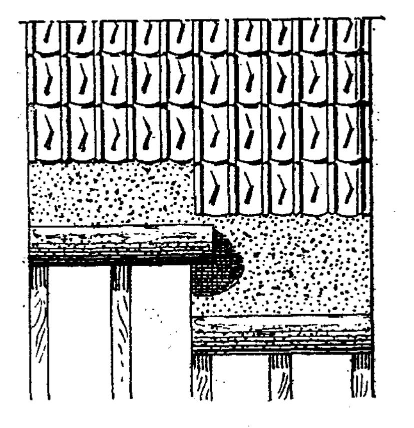


Fig. 1154.
Empleo del cartón embetunado debajo de las tejas.

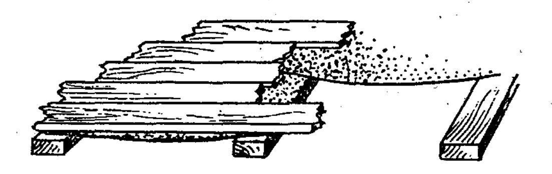


Fig. 1155.
Empleo del cartón embetunado debajo de un entarimado.

Como revestimiento, sobre las superficies expuestas a la lluvia, protege los muros y tabiques ligeros contra la humedad.

Como chapeado de los muros.—Se obtiene un resultado satisfactorio intercalando un cartón embetunado continuo, entre el muro y el papel pintado que tapiza la pared.

Un metro cuadrado de cubierta exige: 1,05 m^2 de cartón (que pesan 3 Kg), 3,15 m de listón y 0,6 litros de alquitrán.

CUBIERTAS DE TEJA

Reseña histórica.—No poseemos ningún dato preciso sobre el origen de la teja. Aun investigando en la antigüedad más remota, se encuentra el uso de la teja, y mucho antes de la civilización griega, los asiáticos la empleaban para cubrir sus moradas y edificios.

El empleo de la teja debe de coincidir, casi, con el descubrimiento del barro cocido.

Los griegos y los romanos usaban dos clases de tejas: unas planas y con rebordes que constituían las *canales,* y otras curvas o *cobijas* que formaban las cubrejuntas (fig. 1156).

En Italia se emplea, todavía, esta clase de cubierta ligeramente modificada. Se colocan sobre los cabios grandes ladrillos, de 3 cm de espesor, cuyas juntas se toman con mortero; sobre esta especie de enlosado se disponen las tejas canales (cuyos bordes laterales están levantados y que afectan en planta la forma de un trapecio) solapando, unas sobre otras, 8 cm aproximadamente. Estas tejas, que están destinadas a formar las canales de desagüe, se llaman allí *tégole.* Luego se cubren los espacios que quedan entre dos filas con

tejas curvas, en forma de medios conos truncados, llamadas *canali*. Estas tejas curvas constituyen las *cobijas* y vierten el agua a la derecha y a la izquierda en las *tégole* para que las conduzcan al exterior de la cubierta. La longitud de las *tégole* y de las *canali* es de 51 cm, el ancho de las *tégole* es de 33 cm en la parte superior y de 25 cm en la inferior; las *canali* tienen 17,5 cm de diámetro en la parte superior y 24 cm en la base.

La tradición romana, que ha subsistido en tantas cosas, perdura, sobre todo en la edificación, en la que somos aún tributarios de aquellos grandes constructores. Así, resulta que en todo el litoral mediterráneo, en Italia, en España y en el mediodía de Francia, se emplean todavía formas de tejas derivadas del tipo romano.

Las *cubiertas* llamadas en España *de teja árabe* son completamente de tejas curvas, unas colocadas de modo que presenten el lado

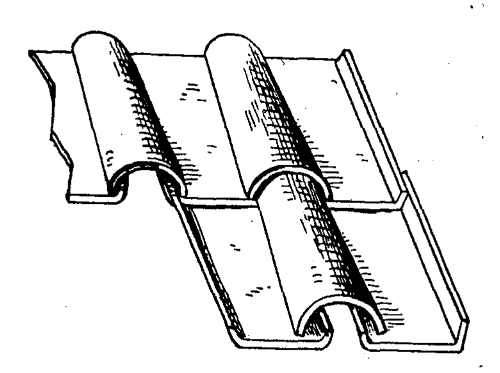


Fig. 1156.—Tejas romanas.

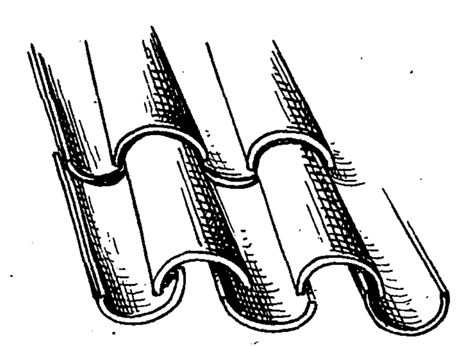


Fig. 1157.—Tejas árabes.

cóncavo, *canales*, y otras el lado convexo, *cobijas*. Esta cubierta es muy decorativa, aunque tiene el inconveniente de que admite poca inclinación (15 a 27°), pues como se colocan sobre un simple enlistonado, están expuestas al deslizamiento. Pero esto no es un grave inconveniente, pues no hay nada más sencillo que moldear las tejas con un diente o uña, por donde se enganchan en el enlistonado para evitar el deslizamiento.

Tejas flamencas.—En el norte de Francia se emplea una teja llamada *flamenca*, cuya superficie es alternativamente cóncava y convexa y cuya sección tiene la forma de ∽. Esta teja lleva en la parte superior un fuerte talón que permite engancharla en el enlistonado y dar, por lo tanto, una gran inclinación a la cubierta; en planta, afecta la forma de un rectángulo. Estas tejas se colocan con recubrimiento de unos 5 cm y las juntas deben tomarse con mortero. El mayor inconveniente de ellas procede de la forma misma; pues, tanto al desecarlas como durante la cocción, tienen cierta tendencia a deformarse, tomando un alabeo que si es muy acentuado dificulta su colocación.

Tejas planas.—Se conocen con el nombre de *tejas de Borgoña* y su aparición se remonta al siglo XI. Son más convenientes para los climas del norte que las tejas romanas, «pues, en efecto, dice Viollet-le-Duc, éstas no convienen apenas más que para los climas brumosos. Bien pronto el polvo depositado en sus partes cóncavas, favorecido por la humedad, desarrolla musgos y vegetaciones que invaden la cubierta. En las borrascas invernales, la nieve se introduce por debajo de las cobijas y pudre las armaduras; su peso aumenta mucho el de la cubierta, ya pesada de suyo, y fatiga los cabios. Si la pendiente es muy pequeña, en las épocas de lluvia menuda azotada por el viento, el agua se introduce entre las tejas, cuyo recubrimiento es sólo un tercio de su longitud. Si la pendiente es muy pronunciada para asegurar un buen desagüe, las tejas sacudidas por el viento deslizan unas sobre otras, y es preciso arreglarlas sin cesar. Se buscó, pues, otro sistema de cubierta de barro cocido, y se empezaron a fabricar grandes tejas planas...»

Las tejas planas se fabrican ordinariamente de forma rectangular, y están provistas, por debajo, de un talón o corchete que permite fijarlas al enlistonado. Otras veces, el talón se reemplaza por dos agujeros para poder clavar la teja al enlistonado o hacer una ligadura. Cuando se clavan se substituye, algunas veces, el enlatado por un grueso entablado o chillado, disposición más costosa, pero más sólida. Las tejas más corrientemente empleadas tienen las dimensiones siguientes: 31 cm de largo, 24 cm de ancho y 1,6 cm de espesor, que son las del tamaño *grande*, cuyo millar pesa 2000 Kg; las llamadas *pequeñas*, tienen 26 × 18 × 1,3 cm y pesan 1322 Kg por millar.

COLOCACIÓN.—Para hacer una cubierta de tejas planas se procede de la manera siguiente: después de colocada una teja en la parte baja de la armadura de modo que vierta las aguas hacia el exterior en un canalón, se fija el primer listón, de manera que esté en contacto con el corchete o talón de la teja; después, en las dos armaduras extremas se marcan trazos separados 8 u 11 cm, según que se quiera dejar una porción aparente de 8 ó de 11 cm, luego se señalan con un cordel las líneas que indican sobre cada cabio el sitio del listón que ha de sostener las tejas (figs. 1158 y 1159).

El enlistonado se hace con encina de raja y los listones tienen, por lo menos, 5 mm de espesor por 4 a 6 cm de ancho, pero también se emplea pino que, aunque menos bueno, es más barato; en tal caso la escuadría de los listones varía de 3 × 3 a 4 × 4 cm y las juntas han de caer siempre sobre el centro de los cabios, teniendo cuidado de alternarlas, es decir, de que todas las juntas no caigan sobre un mismo cabio.

Sobre cada listón se engancha una fila de tejas; los listones se habrán clavado de antemano en los cabios, con una separación igual

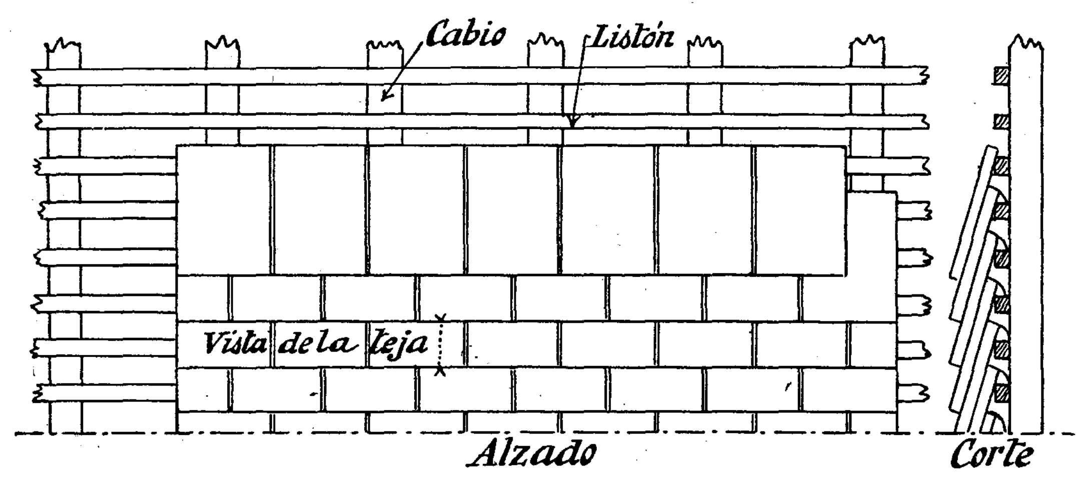
a un tercio de la longitud de la teja, de suerte que cada una de éstas solape a la inferior, con lo cual la cubierta se compondrá de tres espesores de teja.

En el sentido longitudinal de la cubierta, las tejas se colocan al tope sin recubrimiento. La siguiente fila se coloca lo mismo, pero teniendo cuidado de que sus juntas alternen con las de la fila precedente.

La primera fila de tejas, colocada en la parte inferior de la cubierta, constituye el *alero,* que puede ser *sencillo, levantado* y *corrido.*

El *alero sencillo* no se emplea más que con un canalón y la primera teja se coloca sobre la arista de la carrera, rebasándola un poco, y apoyada en el borde del canalón.

El *alero levantado* exige el empleo de un pequeño talón (*Q* en la figura 729) clavado por un extremo en el cabio y apoyado el



Figs. 1158 y 1159.—Cubierta de tejas planas o de Borgoña.

otro sobre una doble fila de tejas, empotradas en la cornisa. Algunas veces, la primera fila de estas tejas empotradas está dispuesta en diagonal, lo que forma un dentellado en el extremo de la cubierta.

El *alero corrido* no se construye sino cuando no hay cornisa para sostener la parte inferior de la cubierta. Entonces, los cabios sobresalen del paramento exterior del muro y en la parte externa se clava una tabla, llamada *ristrel,* sobre la cual se colocan las dos filas de tejas que forman el alero. Hay que tomar una precaución en estos casos, consistente en clavar, debajo de la parte voladiza de los cabios, un entablado continuo para impedir que el viento levante las tejas.

La inclinación conveniente para la teja plana varía entre 40 y 60° o sea de 0,80 a 1,70 m por metro.

Las cubiertas de una sola vertiente, en la medianería y en los piñones se terminan por tendidos de yeso llamados *calles* cuando están aislados, y *bovedillas* cuando están a lo largo de los muros.

Los petos y penetraciones dan lugar en las cubiertas a dos cla-

ses de ángulos o repliegues de las superficies: las *limatesas* o ángulos salientes, y las *limahoyas* o ángulos entrantes.

Para cubrir estos ángulos, se corta la teja como convenga y se hace una crestería de yeso o, también, se forma la limatesa con tejas curvas como las que hemos visto anteriormente con el nombre de cobijas.

En los ángulos entrantes o *limahoyas* se conserva un intervalo entre las tejas cortadas que terminan las dos vertientes y se coloca encima una fila de tejas curvas canales, tomadas con mortero y yeso; también se hacen las limahoyas con zinc doblado según el ángulo.

El caballete es la línea donde se encuentran las dos vertientes de la cubierta, en la parte superior. Se colocan en él cobijas grandes llamadas *caballetes*. Antiguamente, eran semicilíndricos y se colocaban con juntas de yeso; en la actualidad se emplean preferentemente *caballetes* algo cónicos que enchufan uno en otro.

El peso de las cubiertas de tejas planas varía con el modelo elegido y lo damos con cierta aproximación en la tabla que termina el estudio de las tejas.

Tejas de enchufe o mecánicas.—El mayor inconveniente de las tejas planas es su peso, que excede algunas veces de 80 Kg/m², lo que exige armaduras muy resistentes y, por lo tanto, costosas. Este

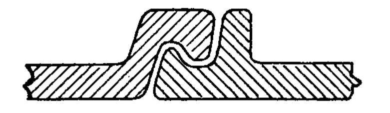


Fig. 1160.
Tejas de simple enchufe.

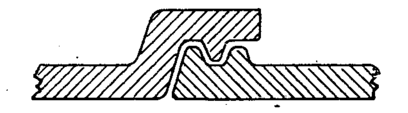


Fig. 1161.
Tejas de enchufe y recubrimiento.

defecto indujo a los constructores a buscar una forma que diese tejas muy ligeras y tan impermeables, por lo menos, como las planas.

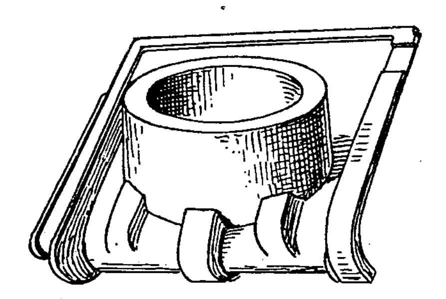
La teja de enchufe más antigua que conocemos es la teja de Altkirch, de los hermanos Gilardoni, cuya patente data de 1841. Después, se han ideado innumerables modelos, de los cuales examinaremos únicamente los tipos principales.

Además de la impermeabilidad de sus juntas, estas tejas, que en la práctica se distinguen con el nombre de *tejas mecánicas* (porque se fabrican por prensado), presentan la ventaja considerable de su poco peso, puesto que un metro cuadrado de ellas sólo pesa de 35 a 45 Kg, lo cual representa lo menos un 50 °/₀ de reducción con respecto a las tejas planas, que pesan de 85 a 90 Kg/m².

Pero no es ésta la única ventaja apreciable, pues estas tejas permiten practicar aberturas en la cubierta sin cortar piezas y sin obras especiales. Todas las fábricas expenden tejas especiales que

ajustan con las demás y permiten obtener huecos de iluminación y ventilación, empalmar chimeneas, disponer gateras, etc., etc. (figuras 1162 a 1164).

También se encuentran todos los accesorios: caballetes, soleras,



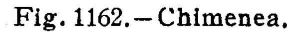


Fig. 1162.—Chimenea.

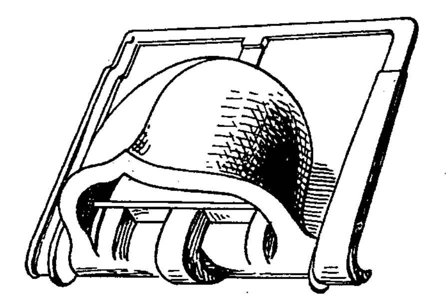


Fig. 1163.—Gatera.

limatesas, bordes, cresterías, pináculos, frontones o remates, etc. (figura 1165).

Para iluminar ciertas techumbres se fabrican también tejas de vidrio moldeado.

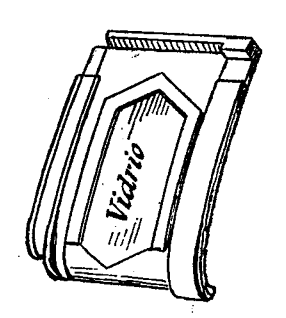


Fig. 1164. Teja envidrierada.

La pendiente mínima es de 22°, o sea de 40 cm por metro, y puede llegarse hasta los 45°.

Colocación.—Los listones que se emplean son de pino, de 3×3 cm de escuadría, poco más o menos, según la separación de los cabios. En la Exposición de 1878 hemos empleado un enlistonado de 1,33 m de luz, sacado de un tablón al que se daban dos cortes, y cada rectángulo obtenido se cortaba por un plano diagonal (fig. 1166); esta disposición es muy favorable para el enganche de las tejas.

El tejador experimentado empieza por colocar el ristrel; después, teniendo cuidado de colocarlo perfectamente paralelo, fija el

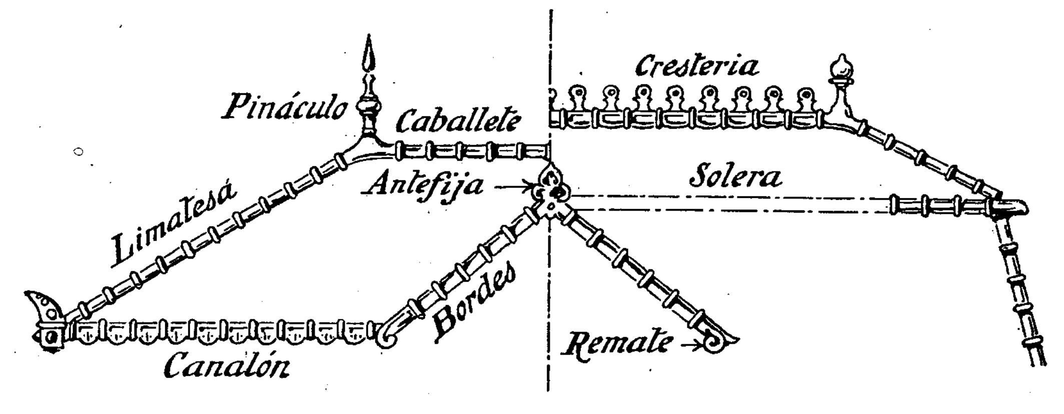


Fig. 1165.—Cresterías de barro cocido.

primer listón calculando la distancia para que la primera teja, que se engancha en el listón y se apoya en el ristrel, tenga vuelo suficiente en el alero. Después marca en los cabios, paralelamente al primer listón, los sitios que deben ocupar los demás, procurando (con

arreglo al tamaño de la teja que se emplea) hacer la división de modo que llegue a unos 9 cm del caballete, lo que es posible si se trata de una cubierta algo importante que tenga unas treinta filas en cada vertiente; de este modo los caballetes colocados encima de la cumbrera recubrirán al mismo tiempo las tejas de la parte superior.

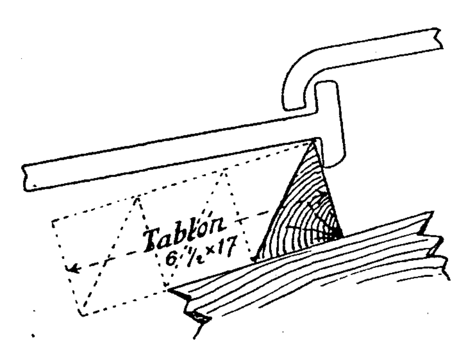
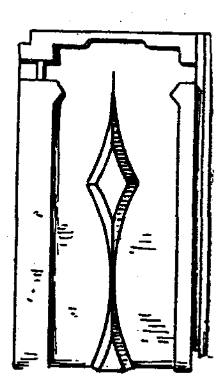
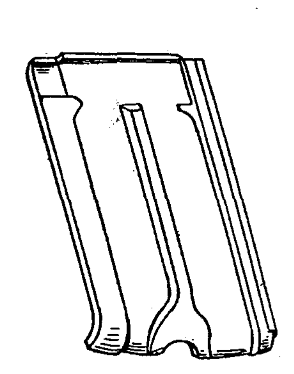


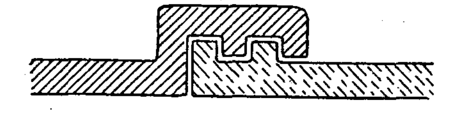
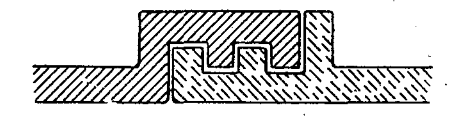
Fig. 1166.—Listón triangular.

En los países donde los vientos tienen cierta violencia, en la orilla del mar, por ejemplo, cada teja se amarra al enlistonado por medio de una ligadura de alambre, para lo cual las tejas llevan en su parte inferior un pequeño pezón agujereado; algunas veces son los ganchos mismos los que están perforados.

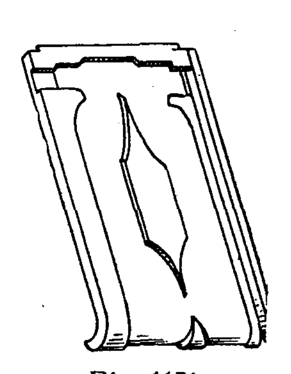

Fig. 1167.
Teja *Gilardoni*.

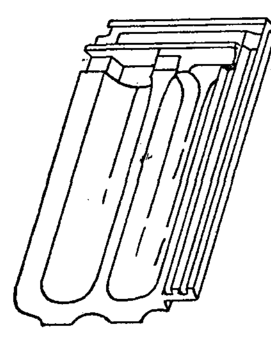

Fig. 1168.
Teja *Müller*.

La arcilla que se emplea para fabricar las tejas se mezcla con arena y con pedazos de teja molidos cuando se pueden obtener; se reduce el todo a pasta fina homogénea, teniendo cuidado de separar todos los elementos calizos, pues de lo contrario, sucede con frecuencia que los trozos



Figs. 1169 y 1170.—Tejas *Müller* de doble y de triple enchufe.

de caliza contenidos en la pasta y cocidos con la teja, se transforman en cal, y por la acción del agua producen un entumecimiento que hace estallar la teja.


Fig. 1171.
Teja *Monchanin*.


Fig. 1172.
Teja *Jeandelaincourt*.

Una vez moldeada la pasta, se pone a secar al aire, y luego se somete a la cocción.

Se obtienen bonitas cubiertas empleando tejas esmaltadas de diferentes colores, recurso de que ya se valieron los asirios.

Las tejas esmaltadas exigen mucha pendiente (unos 45° como

mínimo), pues el esmalte o barniz que de ordinario se aplica se agrieta inevitablemente en la fabricación, y el agua, al congelarse en estas hendiduras, hace saltar el esmalte.

Escamas.— Son tejas planas, recta (fig. 1173), convergentes (fig. 1174), en forma de conchas (fig. 1223), etc., de colores diversos

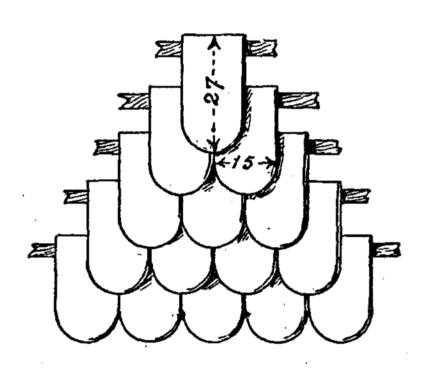


Fig. 1173.—Cubiertas de escamas rectas.

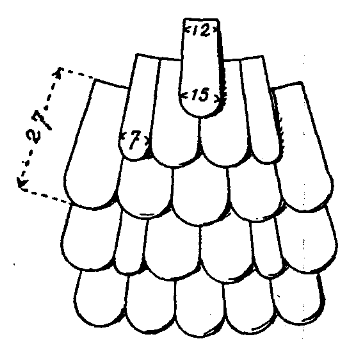


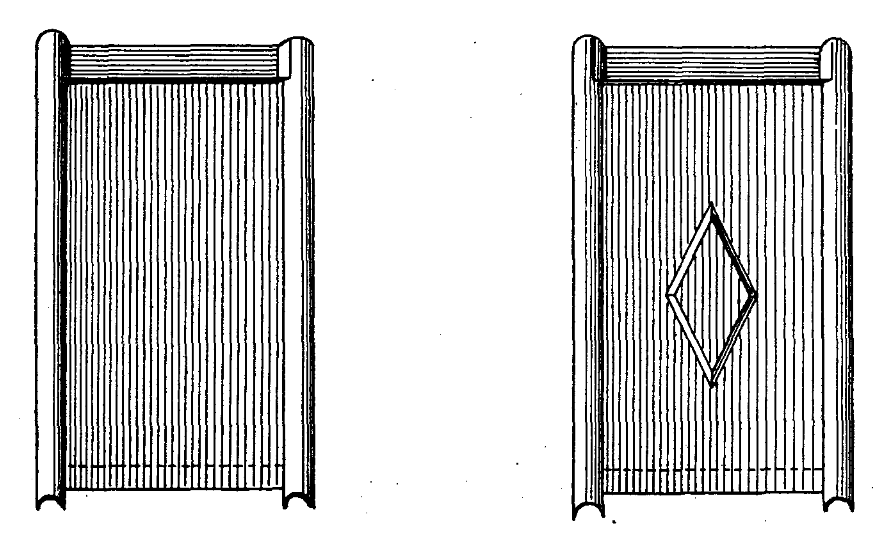
Fig. 1174.—Cubiertas de escamas convergentes.

y esmaltados a propósito para cúpulas y cubiertas decorativas. Pueden tener un corchete, pero lo usual es que sean agujereadas para fijarlas con clavos.

Dimensiones, peso e inclinación de las tejas

DESIGNACIÓN DE LAS TEJAS	DIMENSIONES				Peso de una teja seca (mojada, 8 % más)	MATERIAL por m² de cubierta		PESO	PENDIENTE	
	Sup. total		Sup. aparente							
	largo cm	ancho cm	vista cm	ancho cm	Kg	listones m	tejas núm.	Kg/m²	en grados	en mm
De Borgoña:										
modelo grande	30	25	11	25	2,4	9,1	36,4	88	37	0,75
modelo pequeño	24	19,5	8	24	1,3	12,5	64,1	86	45	1,00
abarquilladas	37	19 a 20	25 a 28	10,5	2,7	ripia	34 a 36	90 a 100	27	0,50
Flamencas, en ~	33	22	25	18	1,5	4,0	22,2	34	37	0,75
Girard	34	26	22	19	2,3	4,6	23,8	54	37	0,75
Monchanin:										
romboidales	40	24	35	22	3,4	2,9	13	43	27	0,50
marinas	46	27	40	25	5,5	2,5	10	55	22	0,40
«villa»	28	17	24	15	1,5	4,2	27	41	37	0,75
lanceoladas	28	20	25	18	2,0	4,0	20	40	37	0,75
etruscas	24	17	18,5	14	1,0	5,9	38	42	37	0,75
monumentales	75	45	62	40	15,0	5,2	4	60	27	0,50
romanas	32	26	26	13	3,4-2,0	32,0	16	86	45	1,00
escamas	27	15	11	15	1,0	9,0	57	60	37	0,75
cuadradas	27	15	11	15	1,2	9,0	57	72	37	0,75
Gilardoni:										
de enchufe	42	25	34	20,5	3,0	2,9	15	45	22	0,40
romboidales	42	25,5	36	21	3,0	2,8	13	39	22	0,40
Müller:										
de recubrimiento	40	25	34	20,5	3,0	2,9	15	45	22	0,40
de enchufe	40	25	34	20,5	2,8	2,9	15	42	22	0,40
pequeña, de recubrimiento	30	16	26	14	1,3	3,8	28	36	22	0,40
Courtois	36	36	30	30	2,4	6,7	18,5	44	37	0,75
Genelard	34	24	30	20	3,0	3,0	13	39	22	0,40

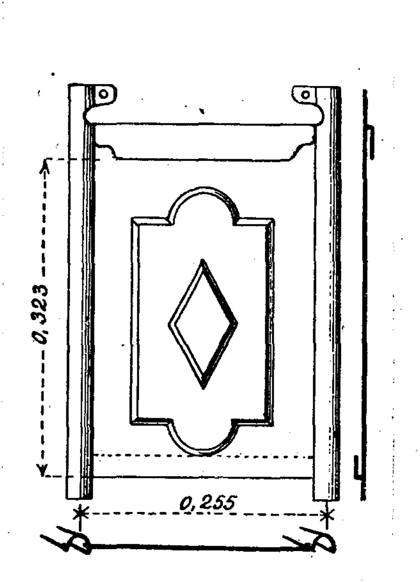
Tejas metálicas.—El peso tan considerable de las cubiertas de teja, ha obligado a los constructores a hacer tentativas para llegar a reemplazar el barro cocido por el metal. Generalmente, es el zinc el



Figs. 1175 y 1176.—Tejas metálicas *Menant*.

que se emplea, pero se fabrican también tejas de palastro galvanizado e incluso de cobre.

Describiremos los modelos de Menant y Duprat. Estas tejas metálicas pueden colocarse sobre listones sencillos, pero es preferible hacerlo sobre un chillado que sostenga la teja en toda su extensión y permita andar sobre la cubierta, sin estropear las tejas, cualquiera que sea el grueso del zinc empleado.



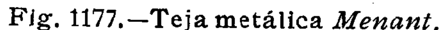


Fig. 1177.—Teja metálica *Menant*.

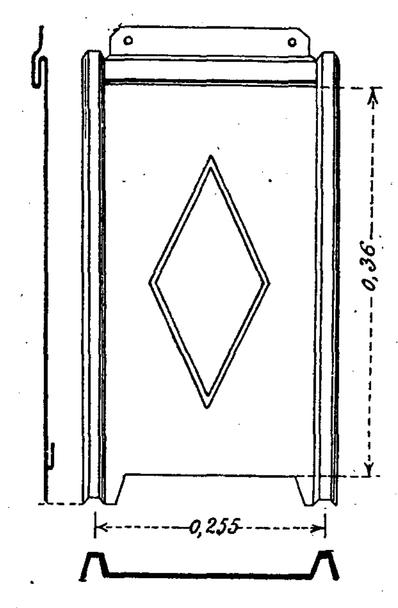
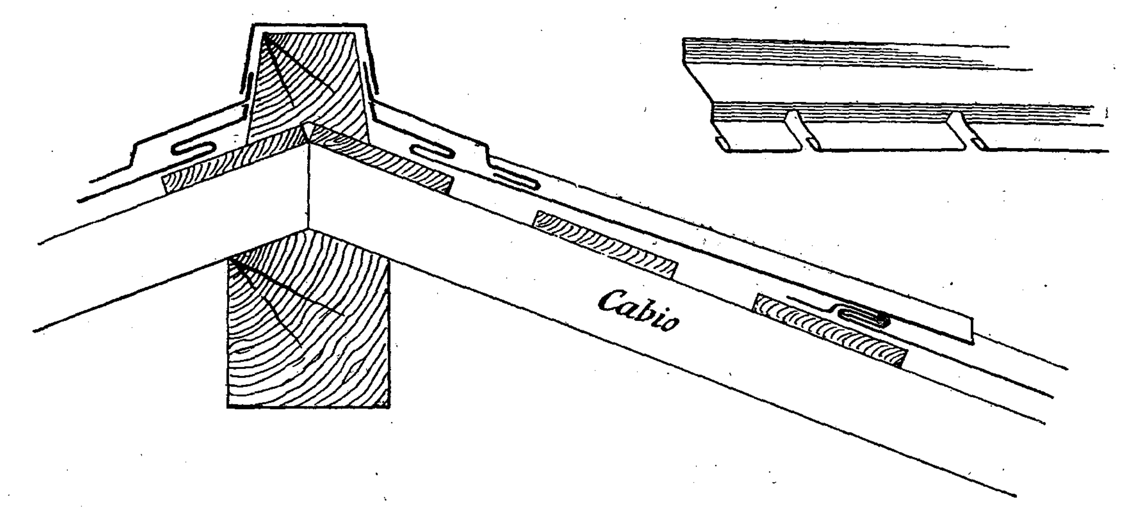


Fig. 1178.—Teja metálica *Duprat*.

Estas tejas (figs. 1175 a 1178) son de recubrimiento y con ganchos, y después de clavadas forman un conjunto absolutamente solidario.

La colocación es muy sencilla: sobre la armadura de madera se

coloca primeramente la faja del alero de zinc, de palastro o de plomo. Las tejas de la primera fila se enganchan en esta faja y se clavan sobre el segundo listón. Después, se engancha la segunda fila en la primera, deslizándola de abajo hacia arriba; se clava en la parte superior y así se continúa. El acuerdo en el caballete se hace también muy sencillamente, como se ve en las figuras 1179 y 1180.



Figs. 1179 y 1180.—Detalle del caballete, en una cubierta de tejas metálicas.

En las armaduras metálicas, se amarran las tejas a los listones sencillamente curvando los bordes de las mismas alrededor de las correas metálicas, o bien se fijan con ganchos de alambre galvanizado.

Estas cubiertas pesan, por metro cuadrado:

tejas de zinc del núm. 10 (espesor 0,50 mm)	5 Kg/m²
» » » » » 11 » 0,58 »	6 »
» » » » » 12 » 0,66 »	7 »
» » palastro galvanizado.	5 »
» » palastro sin galvanizar (pintadas)	4 »

La pendiente de las cubiertas de teja metálica puede ser tan reducida como la de una cubierta ordinaria de zinc.

CUBIERTAS DE PIZARRA

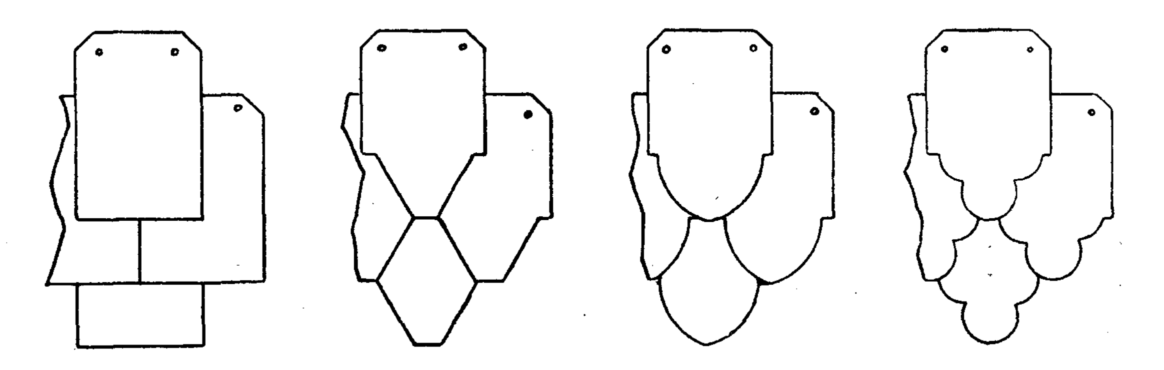
Reseña histórica.—La pizarra es una piedra que tiene la propiedad de esquistarse o dividirse en hojas delgadas y perfectamente planas.

Según Viollet-le-Duc, hasta el siglo XI casi no se empleó la pizarra para cubiertas, en los países donde existía. Los elementos que formaban estas cubiertas eran mal cortados, muy gruesos y, por

lo tanto, pesados y no tenían ventajas sobre la teja más que en las regiones donde se encontraban los yacimientos.

En el siglo XIII, las pizarras de Anjou, de las riberas del Mosela y de las Ardenas, muy puras y de un esquistamiento muy regular, eran muy empleadas por los maestros de obras que obtenían—aprovechando los diferentes efectos que produce la pizarra expuesta a la luz, según que su superficie se presente en un sentido o en el otro—una especie de mosaico de dos tonos. Todas las formas de corte empleadas actualmente les eran ya conocidas, como también usaban el plomo para los accesorios de la cubierta: caballetes, cresterías, limas, buhardas, etc.

«En las ciudades del Norte, a partir del siglo XIV, muchas casas se construían de entramados de madera y se procuraba, entonces como ahora, cubrir el entramado con un elemento protector» que podía ser una pintura esmerada, o bien, en las partes expuestas a la



Figs. 1181 a 1184.—Formas diversas de pizarras.

lluvia, de pizarras recortadas con perfiles decorativos o de tabletas.

Desde entonces, no ha dejado nunca de emplearse la pizarra, pues los castillos del Renacimiento y las armaduras a la Mansard se prestaban mucho para su empleo.

La pizarra, más ligera, más fácil de trabajar, más compacta y brillante que la teja, es inferior a ésta en lo que se refiere a dureza y solidez, pues no se puede andar por encima y, además, sometida a temperaturas altas, se raja. El viento tiene más acción sobre ella dada su ligereza, la lluvia penetra más fácilmente por efecto de la capilaridad en sus numerosas juntas; por último, el prolongado contacto de la humedad altera las pizarras.

Por estas causas, los arquitectos de la Edad media y del Renacimiento se encontraron en la necesidad de dar a sus cubiertas una gran inclinación, para impedir que las aguas de lluvia se estancasen. Así, se debe dar a una cubierta de pizarra una inclinación mínima de 45°.

Las pizarras se tallan dando a su extremo aparente todas las formas geométricas y ornamentales: cuadrada, romboidal, circular,

ojival, trilobulada, etc. (figs. 1181 a 1184). Se pueden pintar, esmaltar y aun dorar.

Empizarrados a la francesa.—La Comisión de pizarreros recomienda las normas siguientes:

La porción aparente *a* de la pizarra será igual a $^1/_3$ de su longitud. La separación entre centros de listones se tomará igual a *a*, y el claro entre listones $^1/_3\,a$, de modo que el ancho de aquéllos valdrá $^2/_3\,a$. Aplicando esta regla, se determinan los distintos elementos contenidos en la tabla que sigue.

Los listones serán de pino del Norte o de álamo, y se fijarán con dos puntas en cada cabio, después de asegurarse de que el enlatado está bien hecho. El chillado continuo no debe adoptarse más que en casos particulares, puesto que la circulación del aire por debajo de la cubierta ayuda a la evaporación de la humedad condensada, contribuyendo a la conservación de la cubierta.

Las pizarras descansarán, pues, sobre tres listones, de manera que la cabeza enrase con el borde superior del primer listón y la cola haga lo mismo con el borde superior del cuarto listón. Deberán solaparse en los dos tercios de su altura y se fijarán por dos clavos colocados lo más cerca posible del borde superior, sin que por ello disten menos de 2 cm del mismo y de los bordes laterales; cuando se fijan por ganchos o grapas, de cualquier forma que sean, se requiere que éstos tengan lo menos dos milímetros y medio de diámetro y que sean de hierro galvanizado o, mejor, de cobre rojo.

Como todas las pizarras no tienen el mismo espesor, es esencial que, antes de colocarlas, el pizarrero las clasifique en tres categorías; las más gruesas se colocarán en los aleros, las de mediano espesor en la región media del tejado y, por último, las más delgadas se pondrán próximas al caballete.

La pizarra de Angers es elástica, se puede apretar todo lo que se quiera sin temor de quebrarla, según las exigencias de la cubierta; mediante obreros hábiles, permite obtener todos los cortes necesarios para las orillas, limas, huecos para buhardas y tragaluces, etc., sin necesidad de recurrir a otros materiales; se presta asimismo a todas las ornamentaciones, recortándolas de la forma que se quiera.

Las pizarras se distinguen entre sí por las diferencias de coloración. Los principales yacimientos franceses están en:

Angers (Maine et Loire).	gris azulado
Chattemoue (Mayenne)	» más claro
Renazé (Mayenne)	» más obscuro
Deville (Ardenas)	» verdoso claro
Fumay (Ardenas)	azul obscuro y violeta

Dimensiones y peso de las pizarras francesas y material que requiere su colocación

DENOMINACIÓN de las pizarras	DIMENSIONES largo mm	ancho mm	espesor mm	Peso medio de 1040 pizarras Kg	Parte visible de la pizarra recubriendo 2/3 cm	Material necesario por m² de cubierta: pizarras	clavos	grapas	listones o ripias m	Puntas para listones o ripias (2 por cabio)
Pizarras ordinarias:										
cuadrada de 12″ . . .	324	222	2,7 a 3,5	520	11	42	84	42	9,3	46
cuadrada de 11″ semi-gruesa	297	216	2,7 a 3	410	10	47	94	47	10,1	50
cuadrada de 11″ gruesa	297	216	2,8 a 4	540	10	47	94	47	10,1	50
cuadrada de 11″×7¼″.	297	195	2,7 a 3,5	410	10	52	104	52	10,1	50
mediana grande . . .	297	180	2,7 a 3,5	380	10	55	110	55	10,1	50
mediana intermedia .	297	162	2,7 a 3,5	330	10	62	124	62	10,1	50
mediana	270	180	2,7 a 3,5	355	9	61	122	61	11,1	55
flamenca de 10″× 6″ .	270	162	2,7 a 3,5	320	9	69	138	69	11,1	55
flamenca de 10″×5½″.	270	150	2,7 a 3,5	300	9	74	148	74	11,1	55
cuadrada de 9″×6½″.	243	180	2,7 a 3,5	310	8	72	144	72	12,4	62
cuadrada de 9″×5½″.	243	150	2,7 a 3,5	265	8	82	164	82	12,4	62
cartelete de 8″× 6″ .	216	162	2,7 a 3,5	260	7	88	176	88	13,9	69
cartelete de 8″×4½″.	216	122	2,7 a 4	200	7	114	228	114	13,9	69
cartelete de 8″×3½″.	216	96	2,7 a 4	150	7	146	292	146	13,9	69
Pizarras ordinarias sin escoger:										
pelo manchado . . .	297	168	2,7 a 4	400	9	70	140	70	10,1	50
pelo rojo	270	141	2,7 a 4	300	9	80	160	80	11,1	55
alargadas	380	108	2,7 a 4	480	variable					
Pizarras labradas a máquina:										
escama grande . . .	296	198	2,8 a 4	500	10	50	100	50	10,1	50
escama pequeña. . .	230	132	2,7 a 3,5	240	8	94	188	94	13,2	66
pizarra	300	170	2,8 a 3,5	300	10	60	120	60	10,0	50

Empizarrados a la inglesa.—Las pizarras de modelo inglés, de cualquier clase que sean, se emplean por superposición conforme a las reglas siguientes.

El pizarrero, después de cerciorarse de que los cabios están perfectamente colocados, fijará el recubrimiento que debe dar a sus pizarras, con arreglo al ángulo de inclinación de la cubierta. Aquél deberá ser de 8 cm para cubiertas inclinadas hasta 20°, y de 10 a 12 cm para las comprendidas entre 15 y 19°. Fijado el recubrimiento, se deducirán fácilmente de él: la superficie aparente de la pizarra sobre la cubierta, que siempre deberá ser igual a la mitad del largo de la pizarra, hecha la deducción del recubrimiento; la separación de los listones o ripias, que siempre debe ser igual a la dimensión aparente. Las tablas o ripias del chillado deben ser de pino del Norte, fijadas con dos puntas a cada cabio; han de tener un ancho de 8 cm y los espesores siguientes: para las pizarras números *1*, *2* y *3*, de 3 y 2 cm (bordes anterior y posterior); para los números

4 y *5*, de 2,5 y 1,5 cm; para los números *6* a *12*, de 2 y 1 cm. Si se emplean ripias aserradas a escuadra, lo que es necesario para cubiertas con cualquier sistema de grapas, deberán adoptarse espesores medios: 2,5, 2 y 1,5 cm respectivamente.

La pizarra se clavará siempre con dos clavos de cobre; éstos, que varían de 3,5 a 2,5 cm de largo, según el tamaño de las pizarras empleadas, pueden colocarse o en la cabeza de la pizarra o en su mitad, según que se quiera apretar más o menos las pizarras entre sí; cuando la fijación se haga por medio de corchetes, es necesario que, cualquiera que sea su forma, tengan por lo menos 3 mm de diámetro y sean de hierro bien galvanizado, o mejor de cobre rojo. Como todas las pizarras no pueden tener el mismo espesor, es indispensable que, antes de colocarlas en la cubierta, haga el pizarrero la clasificación en tres categorías, por grados de espesor: las más gruesas para los aleros, las de mediano espesor para la parte central de la cubierta y las más delgadas para la proximidad del caballete.

DIMENSIONES Y PESO DE LAS PIZARRAS INGLESAS Y MATERIAL QUE REQUIERE SU COLOCACIÓN

Número de orden	DIMENSIONES — En pulgadas inglesas: Largo	Ancho	En milímetros: Largo	Ancho	Espesor	Peso medio de 1040 pizarras (Kg)	Parte visible de cada pizarra, recubriendo 8 cm (mm)	MATERIAL NECESARIO por m² de cubierta, recubriendo 8 cm: Pizarras	Clavos	Grapas	Listones o ripia (m)	Puntas para listones o ripias (2 por cabio)	Superficie media que puede cubrir un oficial con ayudante (m²/jorn.)
1	25	14	640	360	4,5 a 6	310	280	9,9	20	10	3,6	18	18
2	24	14	608	360		290	265	10,5	21	11	3,8	19	18
3	24	12	608	304		245	265	12,4	25	13	3,8	19	18
4	22	11	558	279		202	240	14,9	30	15	4,2	21	16
5	20	10	508	254	3,8 a 5	151	215	18,3	37	19	4,7	24	16
6	18	10	458	254		133	190	20,7	41	21	5,3	27	14
7	16	8	406	203		92	165	29,9	60	30	6,1	31	14
8	14	8	355	203		71	140	35,2	70	36	7,2	36	12
9	14	7	355	177		63	140	40,3	81	41	7,2	36	12
10	12	6 1/2	305	165		47	115	52,6	105	53	8,7	44	10
11	14	10	360	254		96	140	28,1	56	29	7,2	36	14
12	12	8	304	203		62	115	42,8	85	43	8,2	44	11

Pizarras españolas.—Los principales yacimientos en explotación en España son:

Carrascal (Zamora)	gris azulado
La Miñosa (Guadalajara)	» »
Isasondo (Guipúzcoa)	negro
Solana del Río (Avila)	—
Villar del Rey (Badajoz)	negro mate

PIZARRAS DE LA «COMPAÑÍA PIZARRERA DE VILLAR DEL REY»

Número de orden	Dimensiones en centímetros	Pizarras que entran en un m²	Número de metros que se cubren con mil pizarras	Peso aproximado del millar en kilogramos	Parte visible de cada pizarra colocada en la cubierta mm
1	65 × 35	10,03	99,75	2950	285
2	66 × 34	10,14	98,60	2910	290
3	60 × 35	10,99	91	2720	260
4	60 × 30	12,82	78	2330	260
5	55 × 30	14,18	70,50	2140	235
6	45 × 30	18,02	55,50	1470	185
7	50 × 25	19,05	52,50	1360	210
8	40 × 30	20,83	48	1300	160
9	35 × 25	29,63	33,75	950	135
10	32 × 22	37,88	26,40	770	120
11	40 × 15	41,67	24	650	160
11 bis	30 × 20	45,45	22	650	110
12	25 × 15	78,43	12,75	410	85

Reconocimiento de la calidad de una pizarra.—Según Chabat, los métodos más expeditos para darse cuenta de la calidad son:

1.° Sumergir una pizarra en agua durante un día, de modo que queden fuera del nivel del agua 2 cm; si el agua no asciende por capilaridad un centímetro más, la pizarra es buena, y será tanto peor cuanto mayor sea la altura a que ascienda el agua en la pizarra.

2.° Pesar una pizarra, sumergirla en agua durante un día, y pesarla de nuevo; la pizarra será tanto más esponjosa, es decir, de calidad tanto peor, cuanto mayor sea el peso del agua absorbida. «La pizarra de Anjou absorbe una cantidad de agua que crece con su espesor (1), las de 3 mm absorben $^1/_2$ $^0/_{000}$, en peso de agua.»

3.° Formar una pequeña artesa bordeando la pizarra con cera y echar agua en ella, dejándola durante varios días. Si transcurrido este período de tiempo el agua no ha atravesado, la pizarra es buena.

Detalles de los empizarrados.—Uno de los mayores inconvenientes de las cubiertas de pizarra es la dificultad que ofrecen las reparaciones. Cuando una pizarra se rompe y hay que reemplazarla, el pizarrero no puede volverla a colocar en el sitio donde estaba la antigua, pues el sitio de los clavos se halla tapado por las pizarras superiores. Tiene, pues, que arrancar un clavo de cada una de las dos pizarras que se encuentran encima y hacerlas girar, después, alrededor del clavo que queda en cada una—una a la derecha y otra a la izquierda—para descubrir casi por completo el sitio de la

(1) PRUDHOMME, *Cours de construction.*

pizarra que se va a reemplazar. Entonces se fija la nueva pizarra con un solo clavo y se ponen en su sitio las otras dos que se movieron antes. Se ve que el trabajo, necesario para reemplazar una pizarra, es a la vez difícil y defectuoso.

CORCHETES.—Para remediar este grave inconveniente, se ha

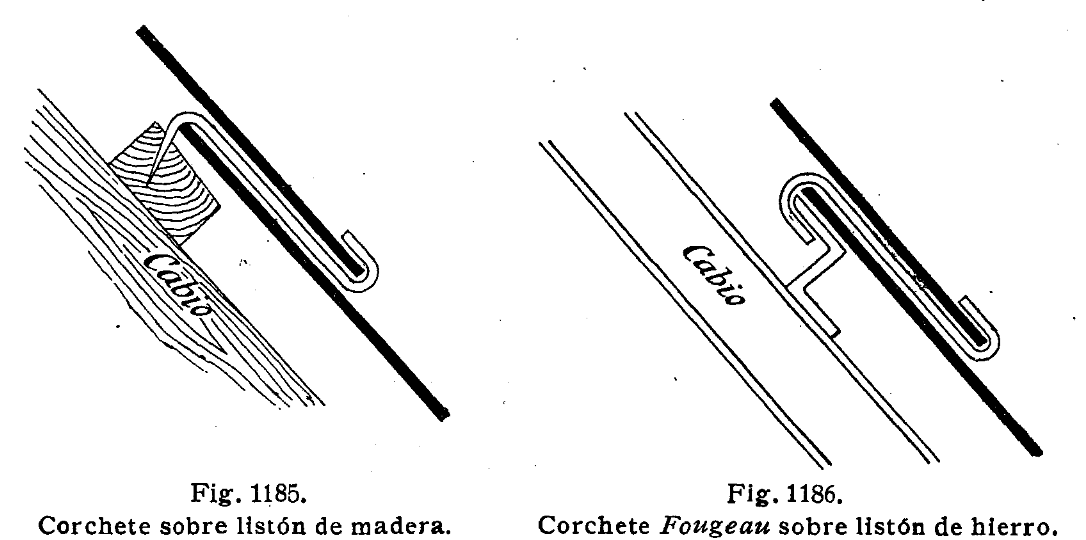


Fig. 1185.
Corchete sobre listón de madera.

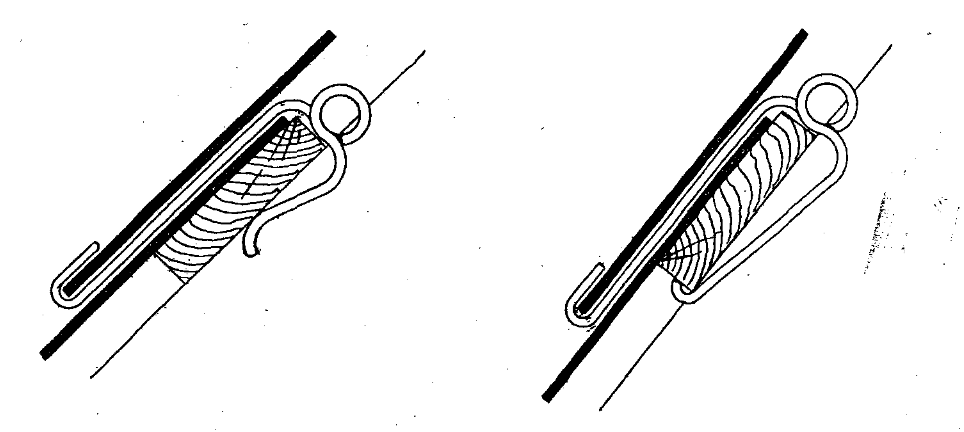
Fig. 1186.
Corchete *Fougeau* sobre listón de hierro.

ideado la supresión radical de los clavos, fijando las pizarras con corchetes.

Hay una gran variedad de éstos, pero sólo examinaremos algunos. El modelo de la figura 1185 es un corchete de cobre, cuya parte superior termina en punta doblada para clavar en el listón de madera.

El corchete de la figura 1186 no tiene punta y se engancha en el listón metálico.

El de Paumier (figs. 1187 y 1188) es un corchete de resorte que abraza el listón o la ripia y sostiene la pizarra.



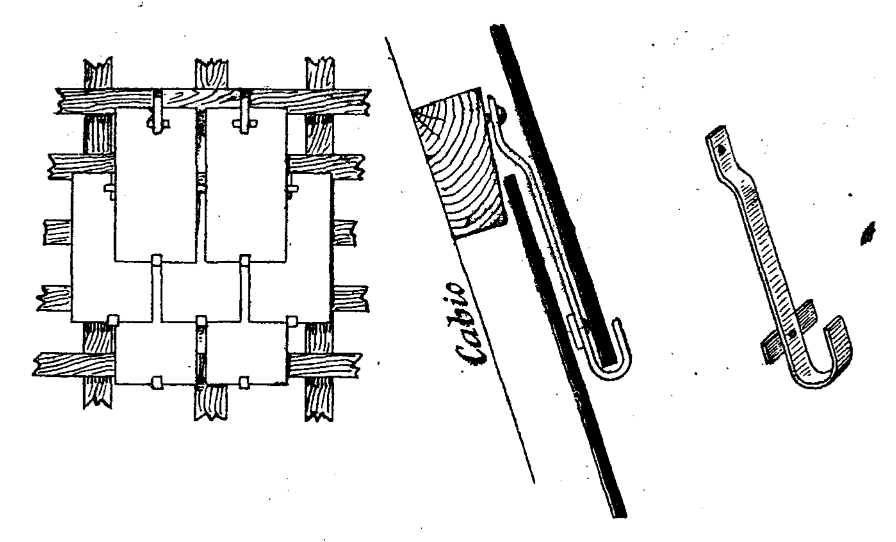
Figs. 1187 y 1188.—Corchetes *Paumier* de muelle.

Otros corchetes están formados por pequeñas láminas de metal (zinc, hierro galvanizado o cobre). El que representan las figuras 1189 a 1191 es una tira recta, ligeramente acodillada y con un agujero en la parte superior para clavarla en el listón; el pie forma gancho como en los ejemplos precedentes.

Por último, el corchete Laurent (figs. 1192 y 1193) se fabrica de chapa recortada, de las dimensiones siguientes:

de chapa de zinc del n.º 19 (1,47 mm)	. ancho	11 mm
» » » » » » 20 (1,60 mm)	. »	8 »
» » » cobre de 1 mm	»	5 »

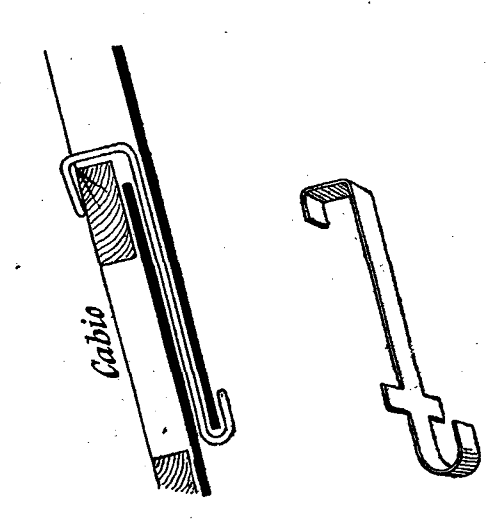
Este sistema sostiene sólidamente la pizarra, permitiéndole al mismo tiempo cierta elasticidad. Las dos ramas de la cruz descan-



Figs. 1189 a 1191.—Corchete de empizarrado.

san en los bordes de las dos pizarras inferiores, de modo que cada corchete tiene tres puntos de contacto con tres pizarras y aísla por completo toda la superficie de ellas, de suerte que el agua no asciende por capilaridad y el aire ventila muy bien las superficies.

En las cubiertas en que las pizarras están fijadas por un corchete, la reparación no ofrece ninguna dificultad; basta sencillamente deslizar la pizarra de abajo hacia arriba para que salga del corchete, levantarla ligeramente y estirar hacia abajo. La colocación de la nueva pizarra es la operación inversa.



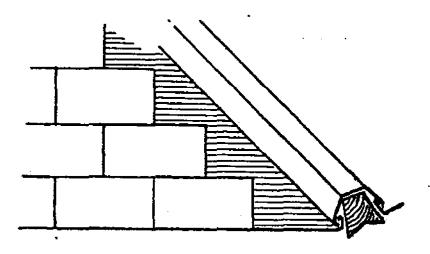
Figs. 1192 y 1193.—Corchete *Laurent.*

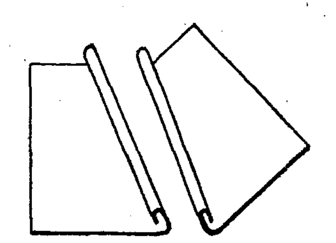
Limatesas. —El medio más sencillo de formar las limatesas, en una cubierta de pizarras, consiste en dejar sencillamente que las pizarras de una de las vertientes recubran los extremos de las de la otra, o también alternar estos recubrimientos. Para ello, se cortan las pizarras oblicuamente, según lo exija la forma de la armadura.

También se emplean: chapas de zinc o de plomo, dobladas según el ángulo formado por la intersección de las vertientes; dos chapas

clavadas sobre un listón que se tapan con una cubrejunta (fig. 1194); o, finalmente, pequeñas «pizarras» de zinc, fijadas a un listón que se protege con una cubrejunta.

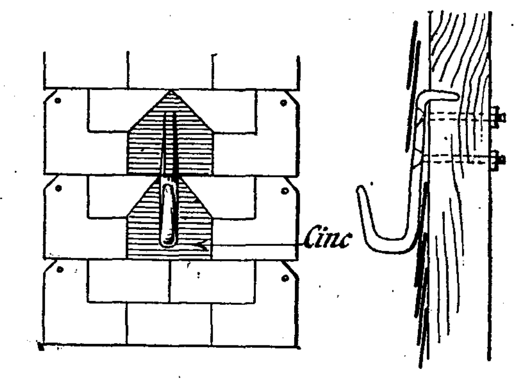
El caballete puede cubrirse de la misma manera que acaba de describirse para las limatesas, pero puede también efectuarse enrasando la cumbrera por una fila de pizarras cortadas, y sobre la otra


Fig. 1194.—Limatesa.


Fig. 1195.—«Pizarras» de zinc para limatesas.

vertiente, la expuesta a las lluvias, se hace que sobresalga la última fila de pizarras unos 10 cm. Este procedimiento evita toda complicación en la cubierta y da siempre buen resultado.

GANCHOS.—Hemos dicho anteriormente que la pizarra, empleada en espesores pequeños para que resulte ligera, es muy débil para permitir andar sobre la cubierta, aun estando bien hecha y sobre un chillado. Hay necesidad de emplear, para las reparaciones, escaleras especiales que permitan a los obreros repartir la carga sobre gran número de pizarras, y además poderse tener y andar sobre la cubierta, cuya pendiente es muy grande siempre.



Figs. 1196 y 1197. — Gancho de empizarrado.

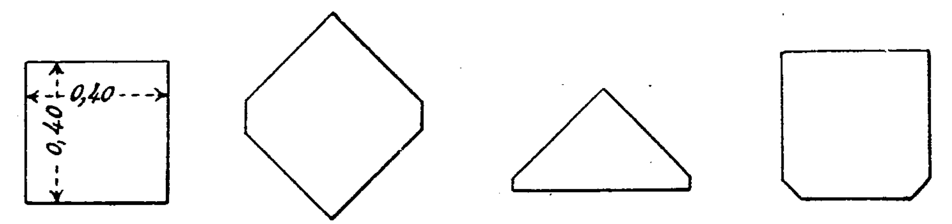
Para amarrar provisionalmente las escaleras se disponen, encima de las cubiertas de pizarras, ganchos fijados sólidamente a los cabios, como se representa en las figuras 1196 y 1197.

CUBIERTAS DE PIZARRA ARTIFICIAL

Propiedades y dimensiones de este material.—Desde hace algunos años, se emplea una especie de pizarra, fabricada con cemento y amianto, que se comporta muy bien bajo la acción de los agentes atmosféricos; el amianto, aparte de hacerla incombustible y mal conductora del calor, viene a constituir la armadura del cemento.

Estas pizarras se fabrican de forma cuadrada de 40×40 cm y espesor de 3 mm; se dejan trabajar tan fácilmente como la pizarra ordinaria, es decir, que se pueden cortar, clavar y perforar (figs. 1198 a 1201). En la fabricación sufren una compresión considerable, evaluada por los fabricantes en unos 975,5 Kg/cm². Estas pizarras arti-

ficiales presentan una resistencia muy grande y pueden soportar muy bien el peso de un hombre, sin ningún peligro. Las hemos empleado en superficies muy grandes y estamos muy satisfechos de ellas.



Figs. 1198 a 1201.—Formas corrientes de las pizarras artificiales.

Tienen el color gris del cemento, ligeramente suavizado por el tono del amianto; también se fabrican de color rojo. Constituyen una cubierta muy ligera, que pesa (con un recubrimiento de 7 cm) unos 9 ó 10 Kg por metro cuadrado.

Detalles de construcción.—Como que puede cortarse, este material permite todas las combinaciones decorativas que se obtienen con la pizarra natural, pero, ordinariamente, se emplea la disposición

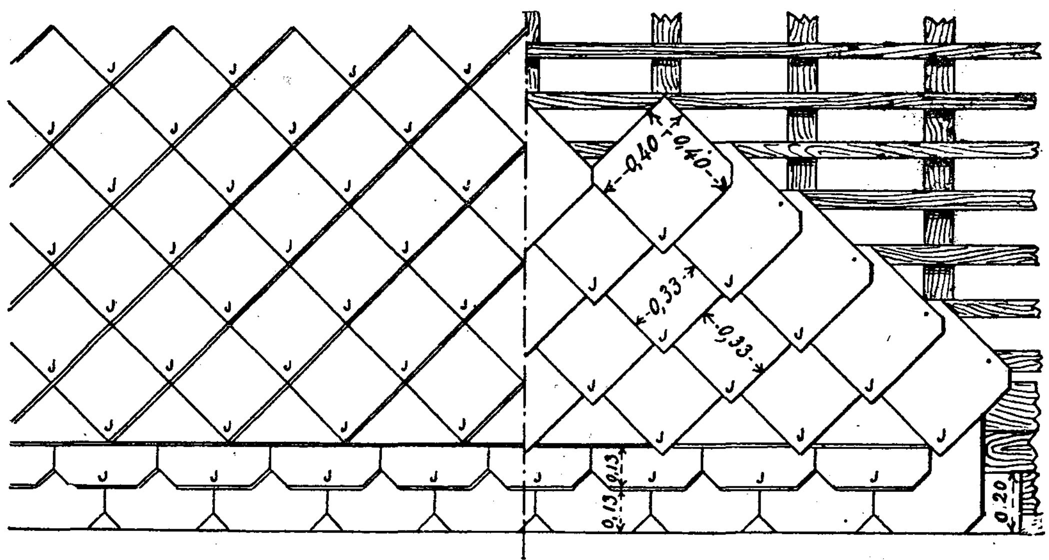


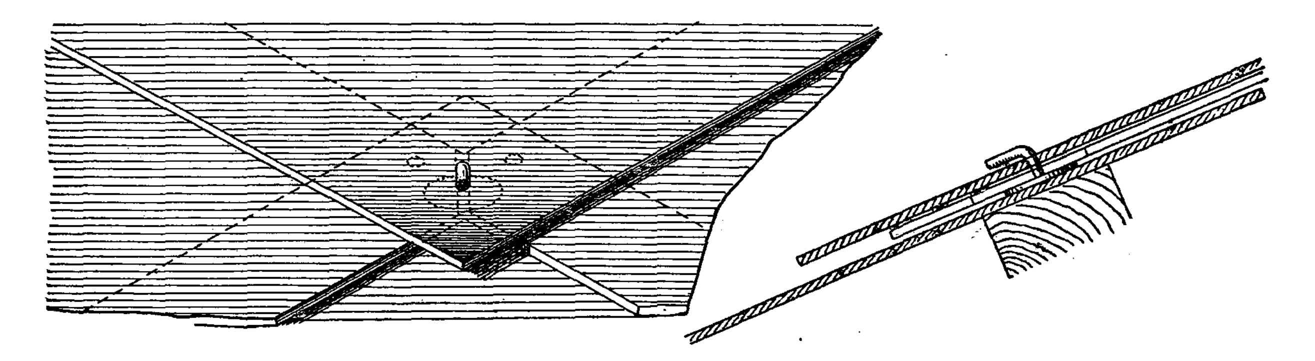
Fig. 1202. — Cubierta de pizarra artificial, a la alemana.

Fig. 1203. — Cubierta de pizarra artificial, a la francesa.

que representa la figura 1203 llamada «a la francesa» con las pizarras colocadas de modo que su diagonal quede en la línea de máxima pendiente del tejado y dos cantos chaflanados.

Recubrimiento de los lados del cuadrado cm	Separación entre centros de listones cm	Material que requieren por m² las cubiertas de pizarra artificial			
		Pizarras	Listones m	Clavos	Grapas
5	25,25	8,15	3,95	17	9
6	24,56	8,65	4,07	18	9
7	23,85	9,18	4,19	19	10
8	23,14	9,76	4,32	20	10
9	22,43	10,40	4,54	21	11
10	21,73	11,11	4,60	23	12

La pizarra se corta de la forma indicada en la figura 1199 y se fija al listón con dos clavos; en la parte inferior se introduce entre el listón y la junta de dos pizarras una especie de remache compuesto de una arandela de hierro estañado y de una pequeña varilla o espiga de cobre rojo (figs. 1204 y 1205); la pizarra superior, previa-



Figs. 1204 y 1205. — Detalles de una cubierta de pizarra artificial, a la francesa.

mente perforada, deja pasar la varilla de cobre, que se dobla después.

La figura 1206 representa una disposición análoga a las cubiertas de pizarra natural. Con una vista de 16,5 cm se necesitan 15 piezas por metro cuadrado y 6 metros de listones; el peso en dicho caso es de unos 15 Kg por metro cuadrado de cubierta.

No tenemos datos ciertos sobre la pendiente que hay que dar a esta cubierta, pero estimamos que necesita la misma inclinación que la pizarra ordinaria. Sin embargo, en las aplicaciones que hemos hecho en recubrimientos de 7 cm le hemos dado unos 23°. Se trataba de almacenes y el resultado ha sido satisfactorio, pero consideramos

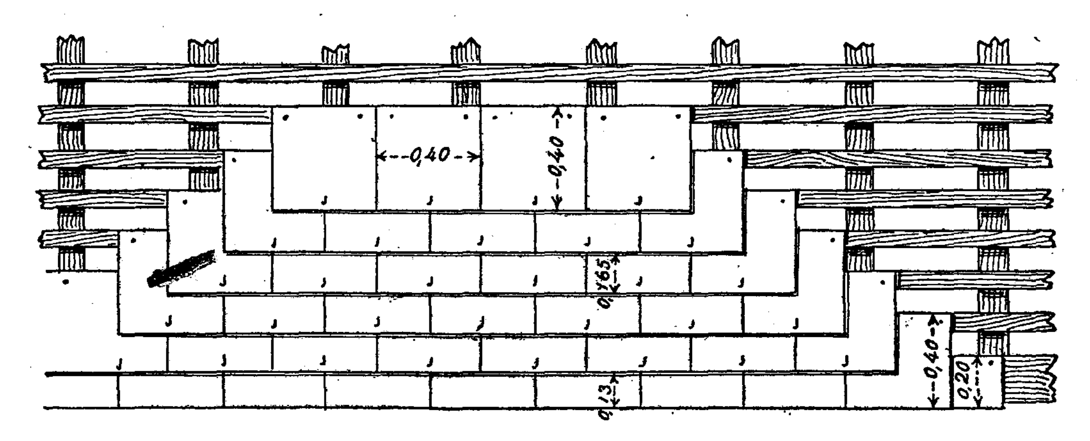


Fig. 1206.—Cubierta de pizarra artificial; disposición análoga a la de un empizarrado natural.

esta inclinación como un mínimo y aconsejamos un recubrimiento de 10 cm para una pendiente tan pequeña.

Cubiertas de uralita.—La uralita es, también, una pizarra artificial de cemento y amianto comprimidos a una presión superior a 800 atmósferas. Se fabrica de colores rojo, negro y gris claro.

El peso del metro cuadrado de esta clase de cubierta está comprendido entre 8 y 10 Kg, según el recubrimiento de las pizarras.

Es incombustible (resiste sin alteración alguna la temperatura del soplete oxhídrico), mal conductora de calor, tiene una resistencia a la tracción directa de 425 Kg/cm^2 y de 606 Kg/cm^2 por flexión.

En cuanto a impermeabilidad, resulta que en los tres primeros meses de estar expuestas a la intemperie estas pizarras absorben la humedad en el mismo grado que la mejor pizarra natural; pasado este período, cesa la absorción por completo.

Estas pizarras se fabrican de los siguientes tamaños: 30 $\times$ 30, 40 $\times$ 40 y 60 $\times$ 60 centímetros.

Pueden colocarse: a la francesa con dos ángulos cortados (figura 1203) o a la alemana con pizarras cuadradas (fig. 1202) o rectangulares.

También se fabrican pizarras uralita de otras formas, escamas, etc.

CUBIERTAS METÁLICAS

Cubiertas de chapa de zinc.—El zinc es un metal de color blanco azulado, de naturaleza laminosa, que tiene olor y sabor particulares. Es más duro y menos dúctil que el plomo y el estaño; calentado a más de 100 grados, se vuelve maleable, pudiéndose estirar con el martillo, reducirse a hojas delgadas en el laminador o convertirse en alambres muy finos en la hilera. Más allá de los 200°, pierde su maleabilidad, volviéndose quebradizo. Su peso específico es de 6,86 para el zinc fundido y 7,2 para el laminado. Entra en fusión a los 374° y, al rojo blanco, se volatiliza dando copos blancos de óxido que se emplean en pintura. La calamina y la blenda son los minerales de zinc más importantes; la *calamina* es un carbonato de zinc — mezclado con silicato, más o menos cargado de hierro — que contiene 40 ó 60 °/$_0$ de óxido de zinc. La *blenda* es un sulfuro de zinc, mezclado con otros sulfuros, que contiene 45 ó 60 °/$_0$ de zinc metálico.

Ya en época remota, la calamina se empleaba para obtener el latón, pero el zinc propiamente dicho no fué conocido sino a principios del siglo pasado, y sólo de unos ochenta años a esta parte ha entrado en la práctica el uso del zinc laminado.

Acabamos de decir que la maleabilidad del zinc estaba comprendida entre límites de temperatura muy próximos; esta circunstancia complica y dificulta el laminado de zinc, requiriéndose mucha práctica para obtener un producto de buena calidad.

Después de refinarlo en hornos de reverbero, el zinc en bruto se moldea en lingotes o placas de diferente espesor, según las dimensiones de las hojas que se quieren obtener.

Estas placas se laminan primeramente en un tren desbastador.

Después del desbaste, se cortan, para darles un peso determinado, y se llevan al tren acabador. Al salir de éste, se recortan las chapas con una cizalla, para darles las dimensiones comerciales.

Después de recortadas, las chapas de zinc se escogen con el mayor cuidado; en las que reúnen todas las condiciones deseadas, se coloca el sello «marca de fábrica». Se comprueba principalmente el espesor; éste se expresa por cifras que van en orden creciente de 1 a 26 (galgas francesa, belga, alemana), variando entre 0,10 y 2,68 mm.

En el cuadro adjunto damos las dimensiones y peso aproximado de las planchas que fabrica la Real Compañía Asturiana de Minas en su fábrica de Avilés (Asturias).

DIMENSIONES Y PESO APROXIMADO DE LAS CHAPAS DE ZINC DE LA «REAL COMPAÑÍA ASTURIANA» (AVILÉS)

Número de la galga	ESPESOR aproximado mm	PESO Kg/m²	PESO DE UNA CHAPA DE 2 × 0,65 m Kg	2 × 0,8 m Kg	2,25 × 1 m Kg	2,5 × 0,66 m Kg	2,5 × 1 m Kg
1	0,10	0,70	—	—	—	—	—
2	0,143	1,00	—	—	—	—	—
3	0,186	1,30	—	—	—	—	—
4	0,228	1,60	—	—	—	—	—
5	0,25	1,75	—	—	—	—	—
6	0,30	2,10	2,70	3,35	4,73	3,45	5,25
7	0,35	2,45	3,15	3,90	5,51	4,05	6,15
8	0,40	2,80	3,60	4,45	6,30	4,60	7,00
9	0,45	3,15	4,10	5,00	7,09	5,20	7,90
10	0,50	3,50	4,55	5,60	7,88	5,80	8,75
11	0,58	4,06	5,25	6,50	9,14	6,70	10,15
12	0,66	4,62	6,00	7,40	10,40	7,60	11,55
13	0,74	5,18	6,75	8,30	11,66	8,55	12,95
14	0,82	5,74	7,45	9,20	12,92	9,50	14,35
15	0,95	6,65	8,65	10,65	14,96	10,95	16,65
16	1,08	7,56	9,80	12,10	17,01	12,50	18,90
17	1,21	8,47	11,00	13,55	19,06	14,00	21,20
18	1,34	9,38	12,20	15,00	21,11	15,50	23,45
19	1,47	10,29	13,35	16,45	23,15	17,00	25,75
20	1,60	11,20	14,55	17,90	25,20	18,50	28,00
21	1,78	12,46	16,20	19,90	28,04	20,55	31,15
22	1,96	13,72	17,80	21,90	30,87	22,65	34,30
23	2,14	14,98	19,50	23,90	33,71	24,70	37,45
24	2,32	16,24	21,10	26,00	36,54	26,80	40,60
25	2,50	17,50	22,75	28,00	39,38	28,90	43,75
26	2,68	18,76	24,40	30,00	42,21	30,95	46,90

Las chapas de los números 1 al 5 sólo se laminan en pequeñas dimensiones y a precios convencionales.

Las de los números 6 al 9 se emplean para forros de cajas para transportes, para pequeños objetos de quincalla y en chapas perforadas para cedazos.

Las de los números 10 al 12 se usan para tubos de bajada de agua, revestimientos de paredes, canalones, rombos, baldes y regaderas.

Los números 13 y 14 se utilizan para canalones, cubiertas con listones, azoteas, baños y para chapas onduladas.

Los números 15 y 16 en canalones-cornisa, chapas onduladas, baños de asiento y fondos de bañera.

Los números 17 al 24 se utilizan para grapas de las chapas onduladas, para aros de refuerzo, baldes, baños y objetos resistentes.

Los números 25 y 26 se emplean para pilas eléctricas.

En el peso existe una tolerancia de 250 gramos por chapa.

Un metro cúbico de zinc pesa 7000 Kg, de modo que una chapa de un metro cuadrado de superficie y un milímetro de espesor pesa 7 kilogramos.

En una cubierta no se emplean, nunca, chapas de número inferior al 12, y aun las de este número no sirven más que para construcciones provisionales y obras que han de soportar pocos esfuerzos como son las cornisas y revestimientos. Para las cubiertas propiamente dichas, que han de permitir el andar por encima, no se debe emplear una chapa de grueso inferior al número 14. Para las cubiertas de gran duración se emplean los números 15 y 16.

DETALLES DE COLOCACIÓN.—El zinc resiste bien a los agentes atmosféricos, pero se dilata mucho cuando se eleva la temperatura. Para una variación de 0 a 100°, su dilatación lineal es de 3 mm por metro.

Este es el mayor defecto del zinc, cuando se emplea en cubiertas, pues se halla expuesto a continuas variaciones térmicas; si la cubierta está mal hecha, es decir, si tiene soldaduras y clavos, el metal al contraerse se desgarra y, si está fijado por sus extremos, se vuelve quebradizo por causa del gran número de veces que se dobla y desdobla, en virtud de las dilataciones y contracciones sucesivas.

Para evitar estos accidentes, se ha buscado un sistema de colocación que permita al zinc dilatarse y contraerse libremente, deslizando sobre el entablado con cierto juego en las juntas y permaneciendo siempre plano. Este sistema es el llamado «de dilatación libre», que es el único racional y el actualmente empleado.

Sistema de dilatación libre.—La primera precaución que hay que tomar es la de escoger las chapas del menor ancho posible, a fin de evitar el alabeo debido a las dilataciones desiguales, y de gran longitud para disminuir el número de juntas horizontales, que siempre es difícil hacer lo suficientemente estancas.

Una cubierta de este sistema, establecida en buenas condiciones, se construye de la manera siguiente.

Se empieza por colocar sobre los cabios un entablado de ripias de 11 ó 15 cm de ancho y 13 ó 14 mm de espesor, dejando entre cada dos ripias un claro de un centímetro. Este entablado se clava con puntas, cuyas cabezas se embuten en la madera para evitar poner en contacto el hierro con el zinc. Aconsejamos que se prefiera el empleo de clavos de zinc, pues, en la práctica, los obreros no se preocupan de introducir bien las cabezas en la madera, no siendo posible en muchos casos ejercer sobre ellos la vigilancia suficiente, y el zinc se agujerea muy rápidamente en contacto con los clavos.

Sobre el entablado, siguiendo la pendiente de la armadura y a la distancia que exija el ancho de la chapa elegida, se colocan listones de sección trapecial—para que las chapas de zinc, al dilatarse

transversalmente, deslicen y no empujen contra las caras inclinadas de los listones (fig. 1207)—cuya altura y, por consiguiente, ancho son tanto mayores cuanto más pequeña es la pendiente.

Para una inclinación corriente, o sea comprendida entre 18 y 25°,

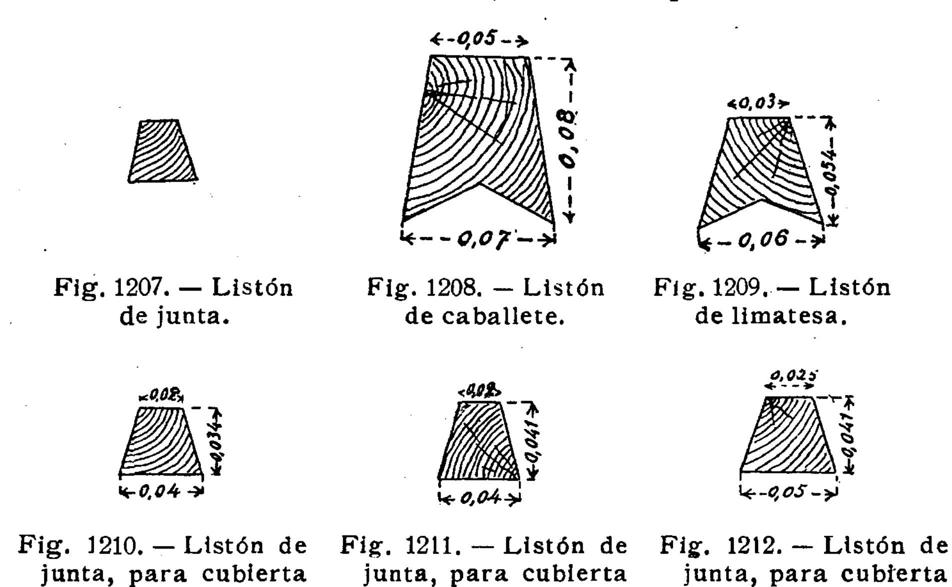


Fig. 1207. — Listón de junta.

Fig. 1208. — Listón de caballete.

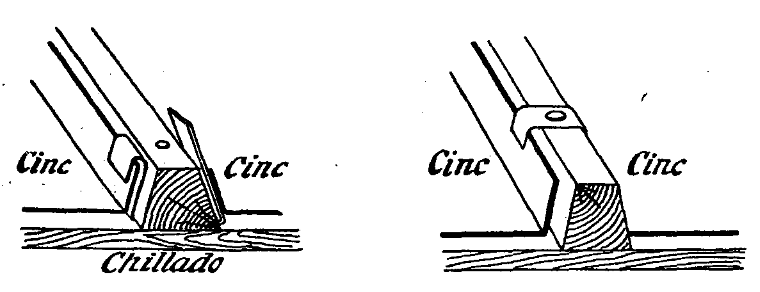
Fig. 1209. — Listón de limatesa.

Fig. 1210. — Listón de junta, para cubierta de mucha pendiente.

Fig. 1211. — Listón de junta, para cubierta de pendiente normal.

Fig. 1212. — Listón de junta, para cubierta de poca pendiente.

las dimensiones de los listones son las que indican las figuras: 1208 para el caballete, 1209 para las limatesas, 1210 para tapajuntas en cubierta de gran pendiente, 1211 para tapajuntas en pendien-



Figs. 1213 y 1214.—Modo de doblar los bordes longitudinales de las chapas de zinc.

tes entre 18 y 25°, 1212 para tapajuntas en pendientes más pequeñas.

En la parte inferior del entablado, junto al canalón, se coloca una banda de zinc llamada *banda de amarre,* de 10 ó 12 cm de ancho, que sirve para enganchar la primera chapa e impedir que el viento la levante. Esta banda sobresale del entablado unos 3 cm para que el agua, al escurrir, caiga bien en el interior del canalón y no vaya a penetrar por debajo del entablado.

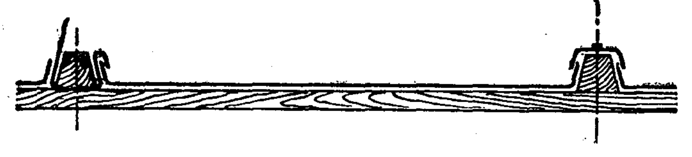


Fig. 1215.—Juntas longitudinales de las cubiertas de chapa de zinc.

Antes de su colocación, se preparan las chapas de zinc de la manera siguiente: los bordes longitudinales, que son los que se aplican contra los listones, se pliegan hacia arriba formando una pestaña de 3 ó 4 cm, según la pendiente (figs. 1213 a 1215); los otros

dos bordes, que forman las juntas horizontales, se doblan hacia arriba el superior y hacia abajo el inferior (fig. 1216). Antes de esto se han pasado por entre los listones y el entablado grapas de zinc (figs. 1213 y 1215). Entonces se coloca la chapa, cuya longitud es generalmente de dos metros; las pestañas laterales van a apoyarse contra los listones, el pliegue inferior se engancha en la banda de amarre y el superior se fija al entablado por una grapa *A* (figura 1216). La segunda chapa se engancha: por abajo en la chapa precedente y por la parte superior con las grapas *A* y así sucesivamente.

Al colocar las chapas de zinc, debe tenerse en cuenta la temperatura en el instante en que se construya la cubierta y recordar que una chapa de zinc de dos metros de longitud puede dar para una diferencia de temperatura de 50°, una variación de longitud de tres milímetros. Supongamos que la cubierta se construye en verano, cuando la temperatura es tal vez de 35°, y que en invierno aquélla baje hasta —10°: resultará una diferencia de 45° que, si no se tuviese en cuenta (es decir, si no

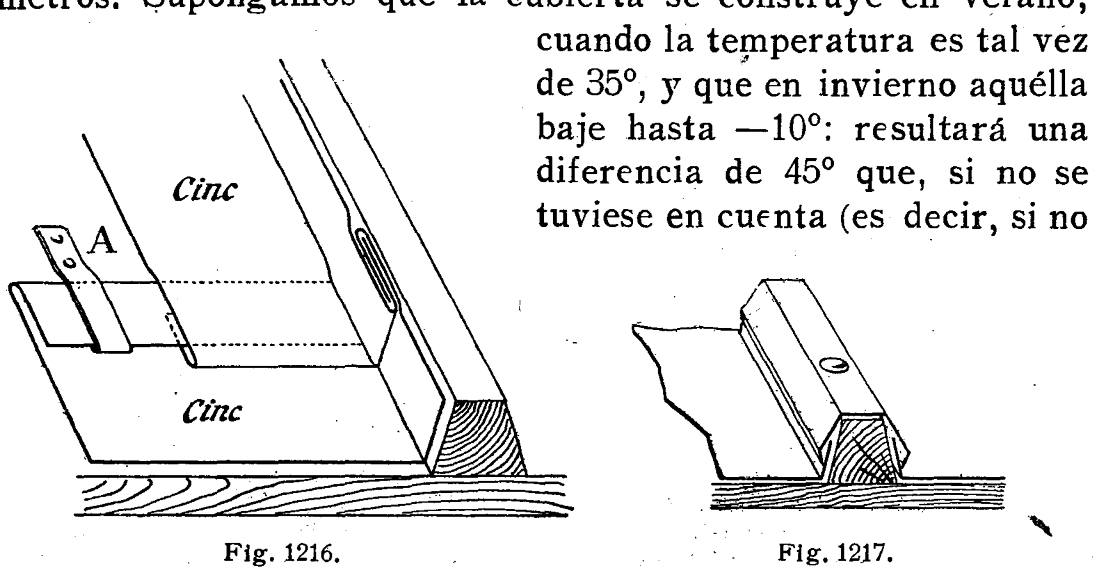


Fig. 1216.
Junta horizontal de libre dilatación.

Fig. 1217.
Cubrejunta de un listón.

se dejase en las grapas el juego necesario para la contracción, figura 1216) al contraerse las chapas, por descenso de la temperatura, arrancarían las grapas y, si éstas resistieran se desgarrarían, dando origen a goteras.

Una vez colocadas las chapas, se dice que el edificio «recibe aguas», lo que no es absolutamente exacto: queda por hacer el recubrimiento de los listones. Este recubrimiento se hace con cubrejuntas cuyos bordes están ligeramente replegados hacia dentro, para aislar el de la cubrejunta del borde longitudinal de la plancha y evitar así las filtraciones por capilaridad (fig. 1217).

Las cubrejuntas se fijan a los listones: por medio de tornillos guarnecidos con un anillo de plomo, o bien por medio de clavos recubiertos con casquillos soldados y bastante bombeados para evitar el contacto del hierro o, por último, mediante tiras soldadas en el interior de la cubrejunta que se introducen en unas vainas de zinc clavadas en la cara superior de los listones.

Las cubrejuntas tienen la misma longitud que las chapas, están clavadas por la cabeza y fijadas, en sus partes central e inferior, por uno de los procedimientos que acabamos de indicar.

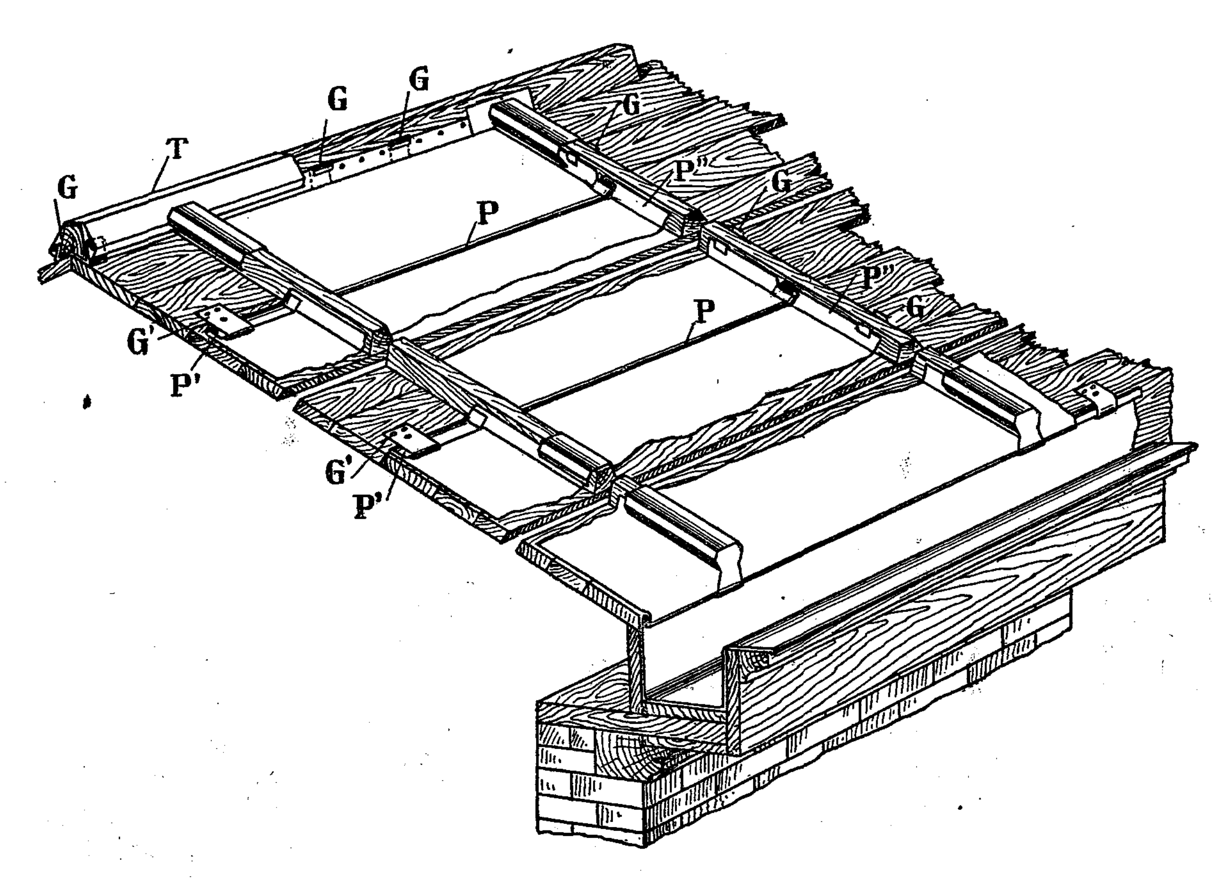


Fig. 1218.—Cubierta ordinaria de chapa de zinc *(Compañía Asturiana de Minas).*

La *Compañía Asturiana de Minas* da los siguientes datos para los tejados de planchas de zinc lisas.

Cubierta ordinaria (fig. 1218):

ancho de los listones de pino, en la base. . . .	5 cm
ancho de los listones, en la cabeza.	3 »
altura de los listones.	4 ó 5 cm
distancia entre centros de listones.	79 cm
ancho del listón de cumbrera, en la base . . .	7 »
ancho del listón de cumbrera, en la cabeza . .	5 »
altura del listón de cumbrera	9 »
tamaño de las chapas, del núm. 13 ó del 14. . .	2,00 × 0,80 m
pliegue P' en la parte superior de la chapa . .	3 $^1/_2$ cm
pliegue P en la parte inferior de la chapa . . .	4 $^1/_2$ »
pestaña P'' en los bordes longitudinales de la chapa	3 $^1/_2$ »
superficie cubierta por cada chapa.	1,97 × 0,79 m
longitud de la cubrejunta	100 cm
ancho desarrollado de la cubrejunta	10 »
pasadores de las cubrejuntas (chapa del 14) . .	9 × 2 cm
grapas G pasadas debajo de los listones (chapa del 14) a intervalos de 50 ó de 60 cm. . . .	18 × 4 »
grapas G' clavadas a la ripia (chapa del 14) . .	12 × 4 »

Cubierta belga (fig. 1219).—Sólo difiere del sistema anterior en que los listones se colocan con su base menor sobre la ripia:

ancho de los listones, en la base.	3 cm
ancho de los listones, en la cabeza.	5 »
altura de los listones.	4 »
distancia entre centros de listones.	79 »
tamaño, grueso, pliegues y pestañas de las chapas: como en la cubierta ordinaria.	
longitud de la cubrejunta	100 ó 120 cm
ancho desarrollado de la cubrejunta	15 cm
grapas pasadas por debajo de los listones (chapa del núm. 16)	16 × 6 cm
grapas clavadas a la ripia (chapa del núm. 16) .	12 × 4 »

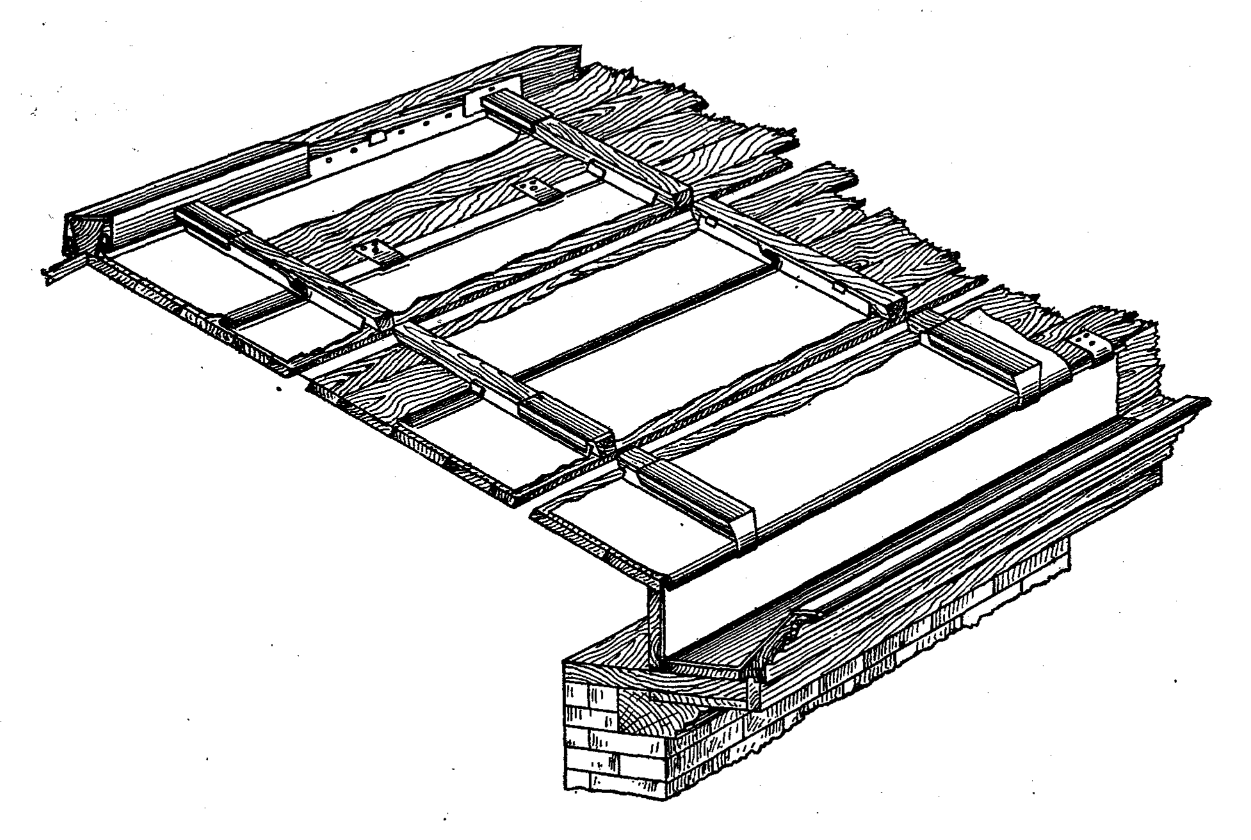


Fig. 1219.—Cubierta belga de chapa de zinc *(Compañía Asturiana de Minas)*.

PIZARRAS DE ZINC.—Se fabrican tejas de zinc que se pueden aplicar a todas las formas de cubiertas, lo mismo a las construcciones provisionales o ligeras que a los edificios y, también, como revestimiento de muros exteriores.

Estas pizarras de zinc son cuadradas, pero, a causa del recubrimiento de una pizarra sobre otra, aparecen en la cubierta como rombos.

Los dos bordes superiores están doblados formando pliegue liso, mientras que los dos inferiores lo están en sentido inverso, pero éstos, en vez de ser planos, tienen un rodete o bordón, para impedir que el agua ascienda entre ellos por capilaridad.

Cada pizarra se fija sobre el ripiado por una grapa, que se engancha a los pliegues lisos en su encuentro en el ángulo superior y que se fija con 2 ó con 4 clavos, según el tamaño de la pizarra; otras dos grapas, fijadas sobre la ripia por tres clavos, sujetan también los mencionados pliegues e impiden que se levanten las pizarras sin que sean obstáculo para su dilatación, que por lo demás es muy pequeña (figura 1220).

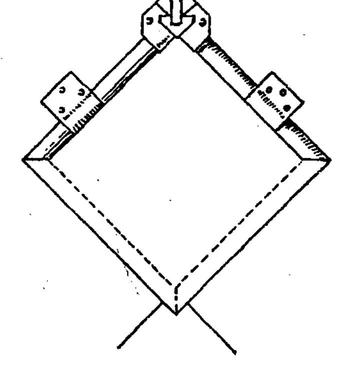


Fig. 1220.—Pizarra de zinc, cuadrada, de la *Société de la Vieille-Montagne.*

La pendiente adecuada varía entre 20 y 22°, o sea de 36 a 40 cm por metro.

DIMENSIONES, PESO Y MATERIAL NECESARIO PARA LAS CUBIERTAS DE PIZARRAS CUADRADAS DE ZINC («SOCIÉTÉ DE LA VIEILLE-MONTAGNE»)

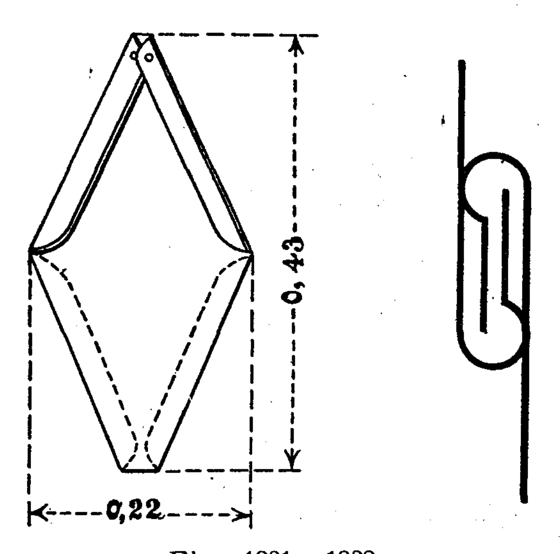
Dimensión de los lados	Superficie desarrollada de las pizarras	Material necesario por metro cuadrado de cubierta			Peso del zinc, incluídas las grapas, por m² de cubierta, empleando chapa del número:					Longitud de la diagonal para el cálculo de las medias pizarras
		Núm. de pizarras	Núm. de grapas de vértice	Núm. de grapas laterales	9	10	11	12	13	
cm	cm²				Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	cm
28	1063	14,48	15	30	5,47	6,03	6,91	7,80	—	39
35	1574	9,22	9	18	5,31	5,80	6,63	7,44	—	49
45	2474	5,42	6	11	—	5,33	6,08	6,83	7,58	63
60	4199	2,98	3	6	—	4,71	5,64	6,35	7,05	85
75	6374	1,88	2	4	—	4,40	5,07	5,74	6,41	105

En el artículo correspondiente a las cubiertas de palastro ondulado, nos ocuparemos también de las de plancha ondulada de zinc.

La *Compañía Asturiana de Minas* fabrica rombos de zinc, cuyas dimensiones y pesos son los siguientes (figs. 1221 y 1222):

denominación de las pizarras		1	2	3	4
longitud	cm	38	43	50	58
ancho máximo	»	20	22	25	29
superficie cubierta por cada rombo	»	30×10	35×11	42×12,5	50×14,5
distancia entre las hileras de clavos	»	15	17,5	21	25
número de rombos por m² de cubierta		33	26	19	14
peso de los rombos que entran en un m² de cubierta:					
de chapa del núm. 10 . .	Kg/m²	7,55	7,19	6,69	6,31
de chapa del núm. 11 . .	»	8,75	8,34	7,76	7,32
de chapa del núm. 12 . .	»	9,97	9,49	8,83	8,33

Escamas de zinc.—Es una cubierta muy decorativa y se obtiene por medio de hojas de zinc estampadas. La industria proporciona numerosos modelos de escamas, de distintos tamaños y formas (fig. 1223).



Figs. 1221 y 1222.
Pizarra de zinc de la *Compañía Asturiana de Minas.*

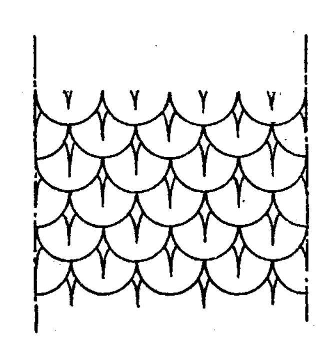


Fig. 1223.
Cubierta de escamas de zinc.

Escamas sueltas, de zinc del núm. 12 (figuras 1224 a 1227) fabricadas por la «Compañía Asturiana de Minas»

Número de la escama	Piezas por m² de cubierta	Peso por m² de cubierta Kg	Número de la escama	Piezas por m² de cubierta	Peso por m² de cubierta Kg	Número de la escama	Piezas por m² de cubierta	Peso por m² de cubierta Kg
1	815	14,67	**6**	156	9,67	**11**	51	10,20
2	495	13,86	**7**	140	10,22	**12**	40	9,00
3	333	10,66	**8**	111	8,88	**13**	32	9,44
4	280	11,48	**9**	70	8,47			
5	205	10,66	**10**	64	10,11			

Cubiertas de chapa de plomo.—Estas cubiertas son, sin duda alguna, las mejores entre las metálicas. El empleo del plomo para

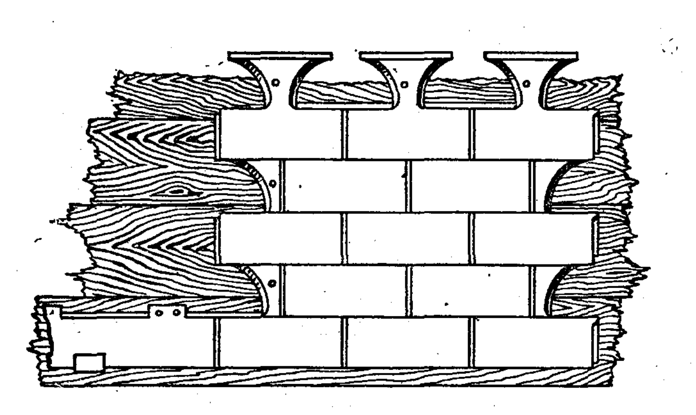
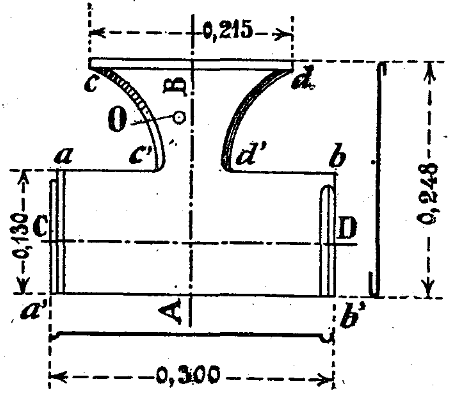


Fig. 1224. — Cubierta de escamas de zinc (*Compañía Asturiana de Minas*).



Figs. 1225 a 1227. — Escama de zinc.

cubrir los edificios se remonta mucho en la historia de la arquitectura. En Francia, por ejemplo, ya en tiempo de los reyes merovingios se cubrían completamente de plomo iglesias y palacios; se supone

que San Eloy hizo cubrir, con planchas de plomo artísticamente labradas, la iglesia de Saint-Paul-des Champs.

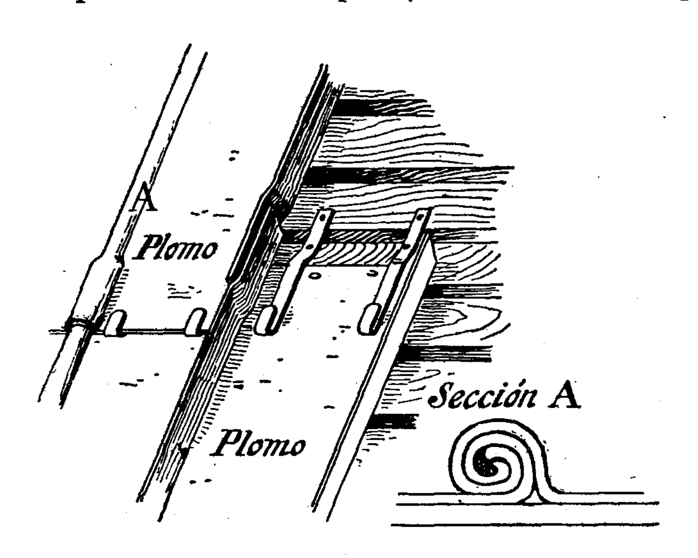
El plomo es un metal muy pesado—su peso específico es de 11,44 g/cm^3—gris azulado, muy maleable y poco tenaz. Este metal adquiere un olor sensible al frotarlo, se oxida en el aire húmedo y en agua, pero esta alteración es sólo superficial y protege al resto del metal para lo sucesivo.

Pero, por lo mismo que el plomo es maleable y pesado, tiene cierta tendencia a rasgarse y a romper los amarres que lo sujetan a la armadura de madera. La habilidad del plomero está en sostener las planchas de plomo de un modo bastante perfecto, para evitar que su propio peso las desgarre. Además, el calor produce una dilatación considerable en este metal, mientras que el frío produce una contracción proporcional. Por lo tanto, el plomero ha de salvar las dificultades procedentes del peso y de la maleabilidad, a la vez que las debidas a las dilataciones y contracciones térmicas. Su dilatación es de 1,4 mm por cada 50° centígrados.

Al lado de estos inconvenientes, el plomo presenta grandes ventajas. La cubierta hecha de este metal es menos susceptible de que la levante el viento; el plomo, por ser menos conductor del calor, resguarda mejor que el zinc el interior, contra las variaciones exteriores; su plasticidad se presta a adquirir todas las formas, lo que permite cubrir sin dificultad cualquier superficie, adoptando las formas más ornamentales y caprichosas; por fin, se altera muy poco en contacto con los agentes atmosféricos. Viollet-le-Duc revisó, en 1835, las chapas de plomo de la cubierta de la catedral de Chartres, que datan del siglo XIII. «Estas chapas—dice—estaban completamente sanas, eran fundidas, tenían unos cuatro milímetros de espesor y exteriormente se hallaban recubiertas de una pátina obscura producida por el tiempo, dura, rugosa y brillante al sol. Estas chapas, que sólo tenían 60 cm de ancho, estaban colocadas sobre un entablado de encina; su longitud medía unos 2,50 m e iban clavadas, por su borde superior, con clavos de hierro estañado, de cabeza ancha; los bordes laterales de cada plancha se enrollan con los de las planchas adyacentes, formando rodetes de más de 40 mm de diámetro; el borde inferior estaba sostenido por dos grapas de hierro, para impedir que el viento la levantase.»

Cuando se emplea, conviene evitar el ponerlo en contacto con el yeso fresco, con la encina sin secar y con los metales susceptibles de oxidación. «El plomo laminado que se emplea generalmente en la actualidad—dice Viollet-le-Duc—es de un espesor uniforme, pero el laminado disimula grietas o defectos que se manifiestan bien pronto, por la acción del aire, y ocasionan filtraciones. Además, el plomo laminado está expuesto a *picarse,* lo que no pasa ordinariamente con el plomo fundido. Estas picaduras las producen insectos

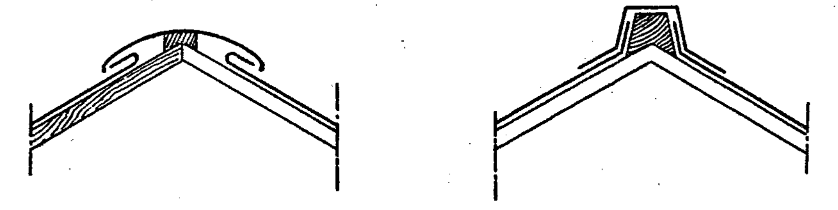
que perforan el plomo, formando agujeros de un milímetro aproximadamente de diámetro, al través de los cuales pasa el agua de lluvia. No hemos podido encontrar esta clase de perforaciones en las chapas fundidas antiguas, mientras que son muy frecuentes en las laminadas. También se produce otro fenómeno, al emplear el plomo para revestir la madera: antiguamente, las maderas empleadas en la armadura y en el entablado habían permanecido largo tiempo en el agua y estaban completamente exentas de savia; en la actualidad, la depuración de estas maderas (de encina) suele ser incompleta y a veces nula, resultando que contienen una gran cantidad de ácido piroleñoso que da lugar, con el plomo, a la formación de cerusa, en cuanto se pone el metal en contacto con ella. La oxidación del plomo es tan rápida, en este caso, que, unas semanas después de colocado el metal sobre la madera, se reduce al estado de blanco de cerusa y bien pronto se pica. Hemos visto cubiertas hechas en estas condiciones que ha habido que repararlas varias veces en poco tiempo, hasta que el plomo hubo absorbido todo el ácido contenido en las fibras de la madera; las capas de pintura o de brea interpuestas entre la madera y el metal no son suficientes para impedir esta oxidación, tal es la avidez del plomo por el ácido contenido en la encina.»



Figs. 1228 y 1229.
Colocación de las planchas de plomo.

Detalles de colocación.—Las cubiertas de plomo se construyen de la manera siguiente. Se empieza haciendo un sólido entablado de pino; después se colocan las planchas, cuya mayor dimensión se orienta en el sentido de la pendiente. En la parte inferior se sujetan por medio de dos grapas, de cobre rojo estañado, clavadas en el entablado (fig. 1228); por la superior, se clava la plancha en el entablado por medio de clavos gruesos. Las juntas paralelas a la pendiente se hacen arrollando juntos los bordes de las dos planchas contiguas, como se ve en la figura 1229, teniendo cuidado de dejar el juego necesario para asegurar la libertad de dilatación. Después se coloca, de la misma manera, la segunda fila de planchas, solapándolas una cantidad que varía con la inclinación de la cubierta (de 7 a 21 cm). El caballete se puede hacer sencillamente con una tira que cabalga sobre la cumbrera y fijada con grapas (fig. 1230), o también levantando el borde superior de las hojas y recubriendo con una cubrejunta (fig. 1231).

La cubierta de plomo se emplea más frecuentemente en las armaduras poco inclinadas y, particularmente, para azoteas. Cuando no se puede hacer de otra manera, se sueldan las planchas unas con



Figs. 1230 y 1231.—Detalles de la cumbrera, en las cubiertas de plomo.

otras formando un revestimiento continuo. Pero, en los países en que las variaciones de temperatura son considerables, esto produce deformaciones (aunque se tenga la precaución de colocar las planchas de plomo en la época más fría, pues, entonces, durante el verano aparecerán grandes abolladuras) que, en el caso de las azoteas, producen grietas y originan goteras, anulando las excelentes cualidades de la cubierta de plomo. De todos modos, es preferible que se produzcan ondulaciones grandes, antes que dar lugar a que se originen tensiones que desgarren el plomo.

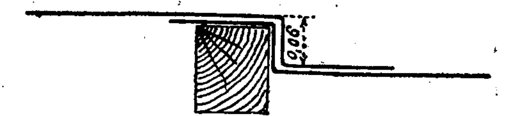
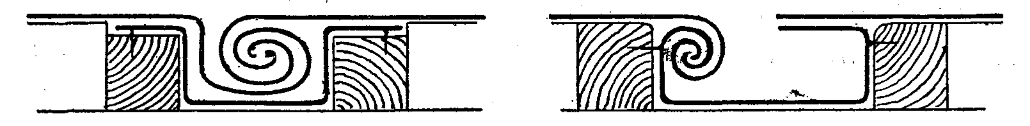


Fig. 1232. — Resalto.

Lo más conveniente es hacer la cubierta con resaltos, dando a las planchas una pendiente extremadamente pequeña, y dejar que se dilaten libremente (fig. 1232). Claro es que las diferencias de nivel



Figs. 1233 y 1234. — Juntas en canal.

y los salientes de los rodetes no siempre permiten emplear este procedimiento, en una azotea muy frecuentada.

Cuando es indispensable una superficie lisa, se puede emplear el sistema de regueras (figs. 1233 y 1234).

La *Compañía Asturiana de Minas* fabrica planchas de plomo de las dimensiones y pesos siguientes:

DIMENSIONES Y PESO DE LAS PLANCHAS DE PLOMO

(Largo máximo 12 metros; ancho máximo 3 metros)

Espesor en mm	0,3	0,5	1,0	1,5	2	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	6,0	7,0
Peso Kg/m². . .	3,42	5,70	11,40	17,10	22,80	28,50	34,20	39,90	45,60	51,30	57	68,40	79,80

Cubiertas de hoja de lata. -- Esta clase de cubierta era, hace cincuenta años, muy empleada en la parte oriental de Europa. Es

difícil imaginarse el efecto producido a la luz de la luna o del sol en las cúpulas y campanarios cubiertos de metal estañado, que adquiere el aspecto de plata o de oro, según que se halle iluminado por la luna o por el sol.

Las dimensiones de las chapas varían con la procedencia. De ordinario son cuadradas, de unos 50 cm de lado. Se colocan las chapas de hoja de lata sobre un entablado, clavadas por arriba, enganchadas con pliegues por los lados y fijadas por debajo mediante grapas, previamente clavadas en el entablado y dobladas después para fijar la chapa.

Esta clase de cubierta, poco empleada, presenta pocas probabilidades de duración; sólo se menciona para completar todo lo posible el estudio de las diversas cubiertas.

Cubiertas de chapa de cobre.—Los romanos, y otros pueblos antes que ellos, emplearon el bronce fundido en las cubiertas de ciertos edificios. Lo usaban en forma de placas o de tejas moldeadas. Más tarde, los cretenses emplearon estos bronces, sacados de los monumentos antiguos, para fundir ricas puertas o cubrir iglesias. Las placas de bronce alcanzaban 12 cm de espesor y eran muy pesadas, empleándose como revestimiento sobre cúpulas de piedra.

En la actualidad, el bronce está completamente abandonado como material de cubierta, pues los procedimientos de laminado han inducido a los constructores a preferir el cobre en planchas de pequeño espesor, y aun éste se emplea raras veces.

Las planchas tienen un espesor comprendido entre 1 y 2 mm; su longitud varía mucho, llegando a veces hasta dos metros. Para evitar las fisuras, que presentan a menudo las planchas de cobre, se estaña el metal por las dos caras. Cuando se emplean chapas de más espesor no es necesario estañarlas; lo mismo que en el plomo, la oxidación de su superficie forma una pátina protectora, muy adherente e insoluble en el agua.

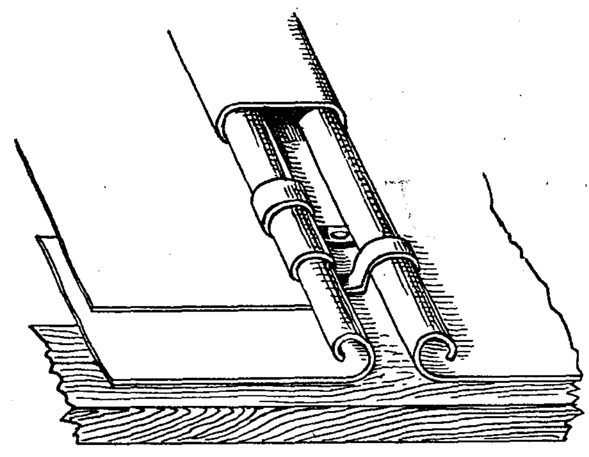


Fig. 1235. — Unión de las planchas de cobre, en una cubierta de este metal.

Para las cubiertas de cobre, se puede proceder, desde el punto de vista de la colocación de las planchas, lo mismo que en las de zinc. Sin embargo, se suprimen generalmente los listones de junta, reemplazándolos por un arrollamiento de los bordes de ambas planchas (fig. 1235).

Cubiertas de palastro ondulado. — Las cubiertas de palastro ondulado han sido, y son todavía, empleadas en los edificios de ferrocarriles, talleres, garajes, para los almacenes y casas en los países donde no hay industria, etc. No se pueden negar las ventajas que presenta el palastro ondulado, desde el punto de vista del embalaje y transporte, pues las chapas se colocan unas sobre otras ocupando un volumen relativamente pequeño.

El palastro ondulado, cuya rigidez procede de sus nervaduras, puede salvar sin apoyo luces bastante grandes, apoyándose directamente sobre las correas y suprimiendo, por lo tanto, los cabios que son costosos y pesados. El palastro ondulado puede salvar fácilmente 2,50 m en línea recta y, si es en parte curvada, puede salvar una luz hasta de 6 m. Para ello basta elegir chapas de ondulaciones grandes y darles dos puntos de apoyo sólidos que desempeñen el papel de dos estribos en los puentes de arco; las chapas



Figs. 1236 y 1237.—Perfiles de las chapas de palastro ondulado.

se roblonan entonces, unas con otras, para no formar más que una sola pieza.

Para evitar la oxidación del palastro ondulado, se galvaniza. Esta manera de protegerlo contra los agentes atmosféricos es excelente, por lo menos cuando la cubierta es nueva; pero se producen inevitablemente, por causa de la diferencia entre los coeficientes de dilatación del hierro y del zinc, desprendimientos de la capa protectora; entonces, el contacto de los dos metales forma una especie de pila eléctrica que activa la corrosión del hierro, cubriéndose éste de orín y perforándose en todos los sitios donde se produce el fenómeno.

Si se pudiera contar con una conservación muy esmerada, es decir, con una inspección frecuente, lo más eficaz sería la simple pintura al óleo, pues ésta presenta una elasticidad que no tiene el metal y no habría que renovarla más que cuando se hiciera sentir la necesidad.

Las ondas están formadas por arcos menores que un semicírculo (figura 1236), aunque también se fabrican perfiles como el de la figura 1237.

En las tablas que damos al final de la obra pueden verse dimensiones y pesos de las chapas onduladas de palastro.

CUBIERTAS DE CHAPA ONDULADA DE ZINC.—La *Compañía Asturiana de Minas* da los siguientes datos, referentes a estas cubiertas (figura 1238):

chapas simplemente apoyadas en correas, sin cabios; distancia entre correas, 1,05 m; escuadría de las mismas, proporcionada a la separación entre armaduras;

tamaño normal de las planchas	. . . .	2,25 × 0,75 m
peso de la chapa (ondas de 100 × 30 mm)	del núm. 13	6,90 Kg/m²
	» » 14	7,65 »
	» » 15	8,90 »
	» » 16	10,05 »

grapas soldadas en las planchas: de zinc, de 100 mm de largo por 35 de ancho y 2 de grueso;

patas para las grapas: de fleje estañado, de 30 × 2 mm y del largo necesario.

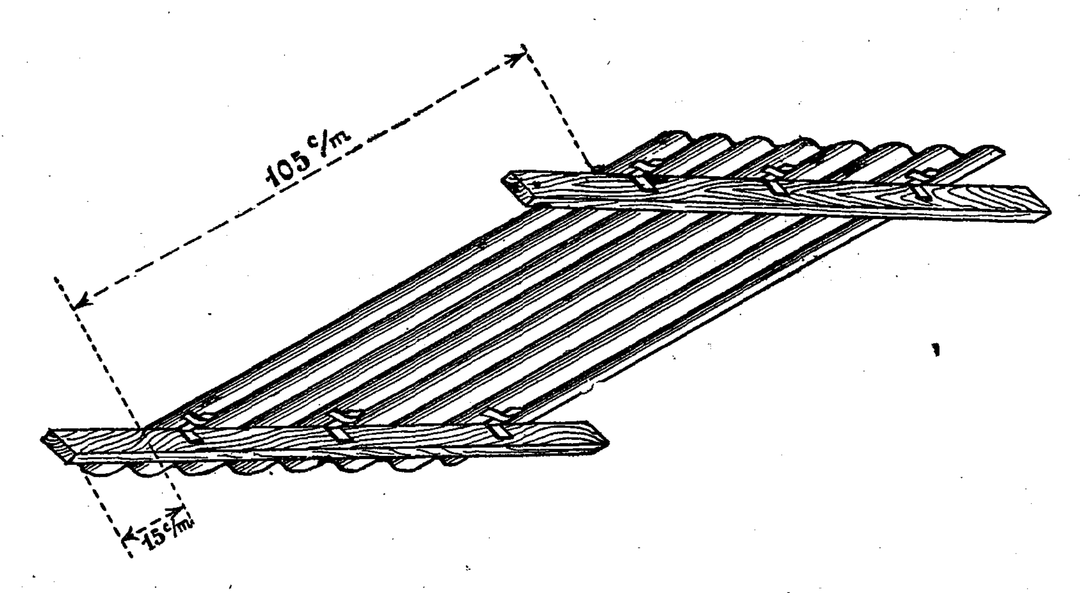


Fig. 1238.—Cubierta de chapa ondulada de zinc, de la *Compañía Asturiana de Minas.*

CUBIERTAS DE VIDRIO

Propiedades generales.—El vidrio es un cuerpo translúcido, bastante quebradizo y sonoro a la temperatura ordinaria; se convierte en blando y dúctil al calentarse y se funde a una temperatura de 400°.

El vidrio deja paso a la luz y al calor que ésta emite, pero, por el contrario, no deja pasar en sentido inverso el calor obscuro producido por la calefacción del aire y de los objetos que se encuentran en el interior; es decir, que el vidrio es diatermano para el calor radiante luminoso y atermano para el calor radiante obscuro.

En la aplicación del vidrio a las cubiertas, si se quiere conservar suficientemente fresco el local en el verano, hay que resignarse a perder una parte de sus ventajas de luminosidad, pues es forzoso tamizar la luz por medio de persianas o de cualquier otro procedimiento que impida la penetración directa de los rayos solares. Estos obstáculos deben colocarse, siempre, en el exterior.

El desprendimiento de calor de las superficies envidrieradas es

de 2,5 calorías por hora, metro cuadrado y grado de diferencia entre las temperaturas interna y externa; esta pérdida varía con los espesores del vidrio. La cifra en cuestión corresponde al vidrio semidoble que tiene de 3 a 4 mm de espesor.

En el capítulo VI, *Vidriería,* hemos estudiado ya las cubiertas de vidrio, y allí pueden verse los detalles de construcción.

CUBIERTAS DE CEMENTO VOLCÁNICO

Estructura de estas cubiertas.—Esta clase de cubierta fué ideada por Häusler, en 1838, y ha tenido después numerosas aplicaciones. Es muy conveniente para cubiertas casi horizontales o azoteas, que se construyen con una pendiente de 2 a 5 cm por metro.

Esta cubierta se compone de:

a) una capa de 3 mm de espesor de arena tamizada, muy fina, que pesa 6 Kg/m²;

b) cuatro capas de papel con las juntas alternadas, pegadas entre sí por capas de cemento volcánico aplicadas en caliente; peso = 5 Kg/m²;

c) una capa de 2 cm de arena fina, de cenizas de carbón o de escorias muy finas, que viene a pesar unos 30 Kg/m²;

d) una capa de 3 a 5 cm de espesor de gravilla de río, mezclada con un poco de arena arcillosa, con peso de 75 Kg/m²;

e) una capa de tierra vegetal (de un espesor apropiado para el cultivo, 20 cm por ejemplo) si se quiere hacer un jardín o una capa de hormigón si se quiere hacer un enlosado cerámico o de cemento, o también arena gruesa; 80 a 200 Kg/m² según los casos.

Sumando dichas cifras resulta un peso propio de 196 a 316 kilogramos; a este peso hay que agregar el del agua de lluvia que retiene la arena cierto tiempo, la carga de la nieve y la sobrecarga accidental (peso de las personas, etc.). La acción del viento puede despreciarse.

La cifra obtenida de este modo será la que sirva de base en los cálculos del entramado horizontal destinado a recibir esta cubierta, agregándole el peso propio del mismo, peso que variará según se elija un entramado forjado con bovedillas de ladrillo, o sencillamente un entablado o entarimado, como veremos más adelante.

Se ve ya que esta cubierta es pesada (las cubiertas ordinarias pesan de 80 a 200 Kg/m², incluyendo nieve, viento, etc.) y que necesita un entramado horizontal muy resistente. En cambio, además de la ventaja que presenta para la construcción de azoteas y, en general, de cubiertas planas que se necesitan a veces por razones de utilidad, ornato, etc., esta cubierta da el mínimo de superficie

(figura 1239), lo que representa una economía importante que puede compensar el aumento de material que se necesita en el entramado horizontal que sostiene la cubierta.

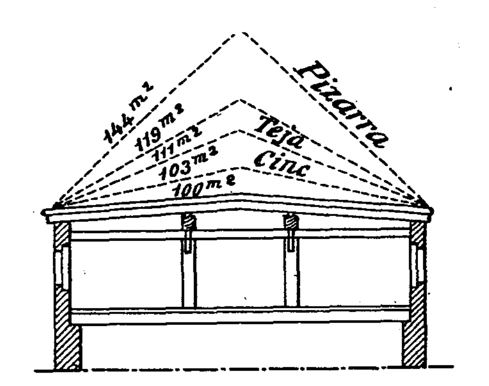
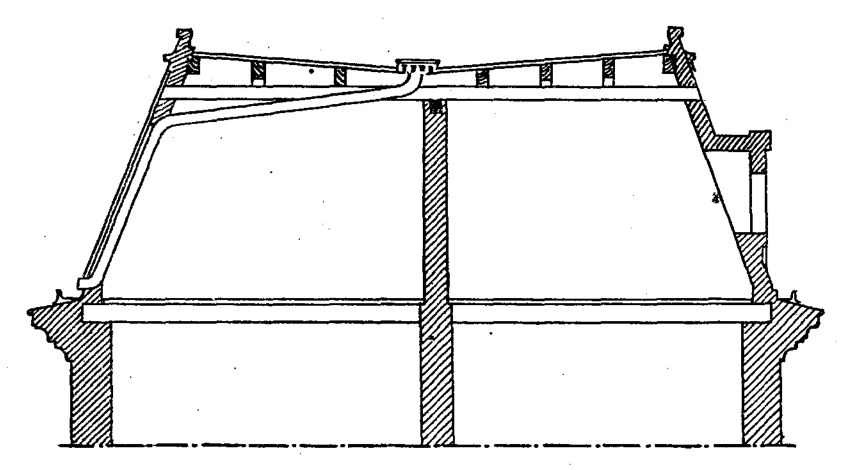


Fig. 1239. — Comparación gráfica de la pendiente que requieren varias cubiertas y las de cemento volcánico.

Detalles de construcción. — Empezaremos por dar algunos detalles acerca del entramado que ha de sostener la cubierta, para ocuparnos luego de la colocación de los materiales que realmente la forman.

CONSTRUCCIÓN DEL ENTRAMADO. — Para cubrir un cobertizo o cualquier otra construcción que no lleve cielorraso, se puede dar a las viguetas del techo la pendiente necesaria para la evacuación de las aguas.

Si las viguetas son de madera, se coloca encima un entarimado


Fig. 1240.—Cubierta de cemento volcánico.

de pino, exento de nudos, con juntas a ranura y lengüeta que permitan la libre dilatación, y de espesor lo más uniforme posible, de modo que no haya resaltos y quede una superficie plana sin rebordes ni cabezas de clavos.

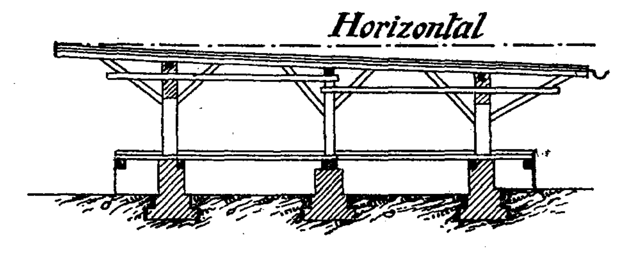


Fig. 1241.
Cobertizo con cubierta de cemento volcánico.

Sobre este entarimado, se tamiza la primera capa de arena fina de 3 mm de espesor, destinada a asegurar el aislamiento de la cubierta, impidiendo cualquier adherencia, para que en caso de movimientos en el entramado no sufra aquélla sus efectos.

Si el techo es de viguetas (de madera o de hierro) con forjado, será necesario formar encima una superficie continua con una capa

delgada de yeso o de cemento; sobre esta capa se echará la de arena fina que forma el aislamiento.

Para cubiertas de edificios cuyos techos deben ser horizontales, se dispone un entramado inclinado encima de las viguetas (fig. 1240),

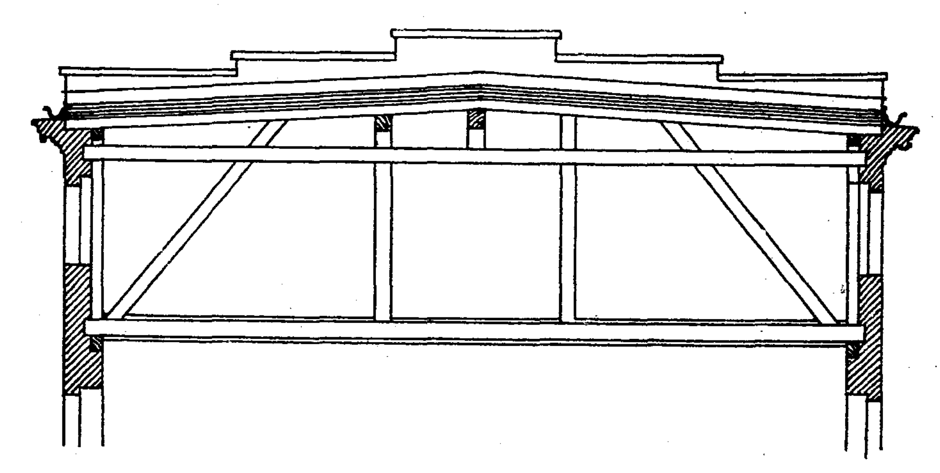


Fig. 1242.—Cubierta de cemento volcánico a dos aguas.

o bien se da forma inclinada (de una o de dos vertientes), con mortero o con yeso, al piso que queda encima.

La cubierta puede ser casi horizontal como en el caso de un cobertizo (fig. 1241); entonces, las aguas se recogen en un canalón de zinc o se dejan caer directamente.

La figura 1242 representa una cubierta de dos vertientes que no se distingue de las empleadas ordinariamente más que por la poca inclinación.

La figura 1243 muestra una cubierta que constituye un verdadero depósito; en este caso hay que tener la precaución de establecer un aliviadero para evacuar el exceso de aguas. No se coloca arena ni gravilla sobre el papel, constituyendo éste mismo el fondo.

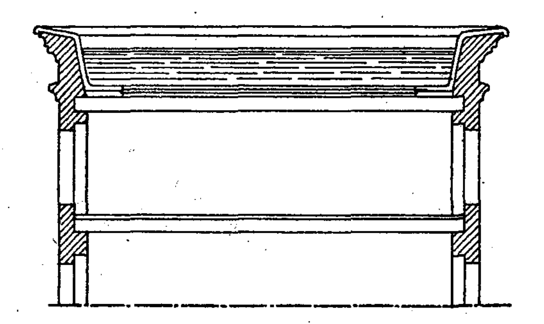


Fig. 1243.
Cubierta de cemento volcánico utilizada como depósito de agua.

Construcción de la cubierta propiamente dicha.—Se extiende (valiéndose de un tamiz) uniformemente, sobre el solado de madera, de yeso o de cemento, una capa de arena muy fina y seca, de 2 a 3 centímetros de espesor. Esta capa hace las veces de aislante, permitiendo los movimientos de la construcción sin que se transmitan a la cubierta.

Sobre la capa de arena fina se dispone—perpendicularmente al canalón, es decir, en el sentido de la pendiente (fig. 1244)—una primera capa de papel, solapando cada tira unos 15 centímetros. Ni el revés, ni los recubrimientos de esta primera capa de papel se

enlucen de cemento. Contra los muros y salientes se debe tener cuidado de doblar el papel, dejando una pestaña de algunos centímetros.

Sobre este papel, una cuadrilla, compuesta de un encolador y dos ayudantes, aplica la capa pegajosa y aislante de cemento volcánico, procediéndose luego a la colocación de la segunda capa de papel. Para trabar mejor el conjunto, se empieza por un rollo que tenga sólo la mitad de la anchura normal, de suerte que un segundo rollo recubrirá por completo el cruzamiento de la primera capa.

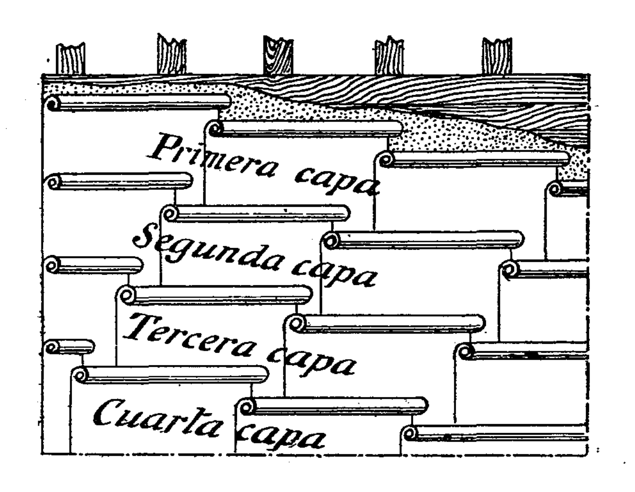


Fig. 1244.—Colocación de las capas de papel en las cubiertas de cemento volcánico.

Los dos ayudantes, provistos de sendas brochas de cerdas largas y suaves, fijadas oblicuamente a un mango largo, extienden el cemento en caliente, sobre el primer papel en capa delgada y regular del ancho de la tira que se va a colocar encima, mientras que el obrero pegador desenrolla, sobre el cemento extendido, la segunda hoja de papel y la oprime con la mano para pegarla, así, en caliente sobre la primera capa, evitando las arrugas. El rollo siguiente se coloca contra el precedente, de modo que recubra a éste 10 ó 12 centímetros, y así se continúa con los demás rollos.

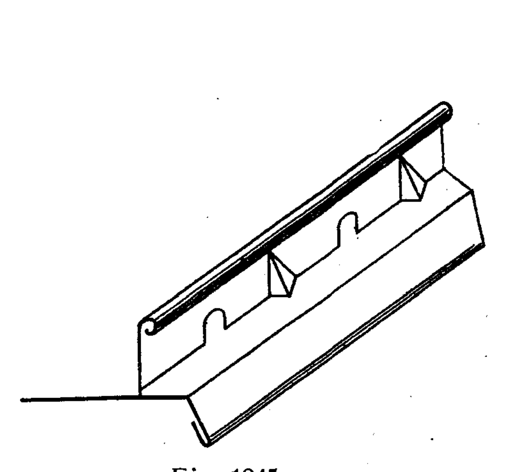


Fig. 1245.
Alero de zinc para cubierta de cemento volcánico.

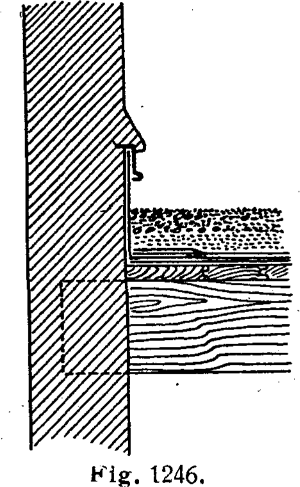


Fig. 1246.
Tapajuntas de pared, de zinc, para cubiertas de cemento volcánico.

Hecho esto, es decir, extendida la segunda capa de papel, se colocan las piezas de zinc preparadas de antemano, que son: el *alero* (fig. 1245), destinado a retener la gravilla y a facilitar la salida del agua por el canalón, o por las cubetas si no hay canalones; *bandas de acuerdo, tapajuntas de pared* (fig. 1246), *chimeneas, bastido-*

res, etc., fijándolas sobre la cubierta por medio de puntas pequeñas, de 10 a 30 milímetros de largo.

Después se aplican la tercera y cuarta capa de papel, del mismo modo que se ha dicho para la segunda.

La composición aglutinante se guarda en toneles y está en estado muy plástico, pero no líquido; para emplearla hay que calentarla hasta que se licúe, operación que se hace sobre la misma cubierta por medio de un hornillo portátil. Es indispensable que el cemento se aplique en caliente, a medida que se va colocando el papel.

No conocemos la composición del cemento volcánico, parece que es un secreto que no es posible descifrar ni por la análisis; creemos, de todos modos, que se obtendría un enlucido pegajoso e impermeable análogo disolviendo, en caliente, resina en aceite de linaza.

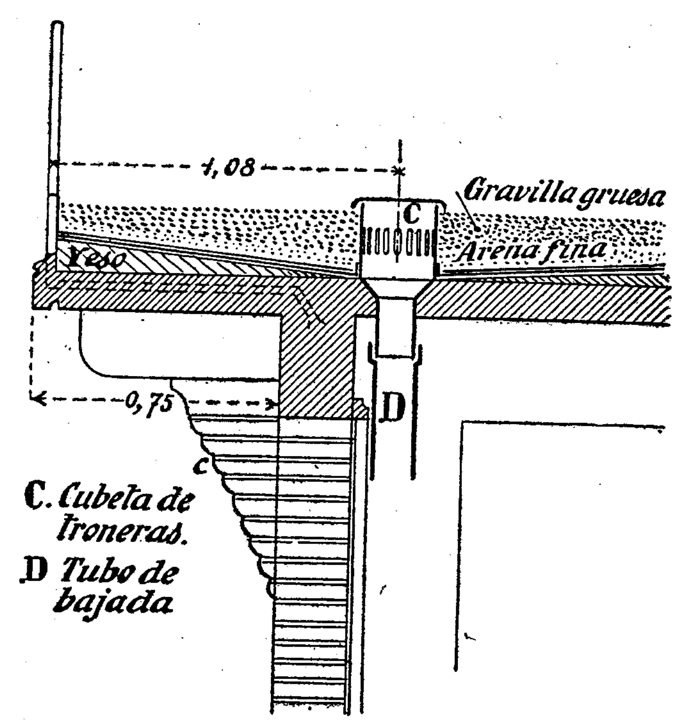


Fig. 1247. — Desagüe de una cubierta de cemento volcánico, sin canalón, mediante cubetas.

La humedad constante que conserva la arena filtrante, empleada en este género de cubierta, es muy conveniente para evitar los peligros que entrañaría la desecación.

Colocada y enlucida, como las precedentes, la cuarta capa de papel, se cubre con una capa de unos dos centímetros de arena fina, de cenizas o de escoria molida. Encima se dispone otra capa, de 3 a 5 cm de espesor, de gravilla de río, que se puede trabar con la adición de arena arcillosa para darle cierta consistencia.

Sobre esta arena se puede echar tierra vegetal, si se aspira a formar un jardín, o construir un enlosado de cemento; en este último caso, las grietas que puedan producirse no constituirán goteras, puesto que el agua encontraría salida por debajo. También puede disponerse un enjaretado como en los cuartos de baño.

En el caso de que debajo de la azotea haya un cielorraso, es menester que el aire circule, entre los maderos que sostienen la cubierta y el cielorraso de yeso.

La evacuación de las aguas, si se efectúa por canalones, no ofrece nada de particular; si se emplean cubetas, da lugar a la curiosa disposición que indicamos en la figura 1247.

Peso e inclinación de diferentes clases de cubiertas

NATURALEZA DE LA CUBIERTA	PESO por metro cuadrado de cubierta Kg/m²	Inclinación en grados	PENDIENTE m/m
Tabletas de encina	44	45	1
» » pino	21	45	1
Teja plana modelo grande	82 a 85	27 a 60	0,50 a 1,40
» » » pequeño	82 a 85	45 a 60	1,60 a 1,40
» » con recubrimiento de 2/3	60 a 80	—	—
» flamenca	80	21 a 27	0,38 a 0,50
» árabe en seco	74 a 90	21 a 27	0,38 a 0,50
» » con mortero	136	27 a 31	0,50 a 0,60
» lomuda	60	21 a 27	0,38 a 0,50
» de enchufe de 25 × 18 cm	40	—	0,40
» » » de 36 × 22 cm	44,20	—	0,40
» » » de 40 × 22 cm	55	—	0,40
Pizarras	25 a 30	33 a 45	0,65 a 1
Cobre laminado de 0,9 mm	6,11	18 a 25	0,32 a 0,47
» » de 0,5 mm	7,64	18 a 25	0,32 a 0,47
Chapa de zinc del núm. 14	6 a 8	18 a 25	0,32 a 0,47
» » » » núm. 16	7,5 a 9	18 a 25	0,32 a 0,47
Palastro sin galvanizar de 1 mm	7 a 8	18 a 22	0,32 a 0,38
» galvanizado de 1 mm	8,5	18 a 22	0,32 a 0,38
» » y ondulado	12	18 a 22	0,32 a 0,38
Chapa de plomo	40 a 55	18 a 22	0,32 a 0,38
Mástique bituminoso	25 a 35	18 a 25	0,32 a 0,47
Vidrio semidoble	5 a 6	20 a 30	0,36 a 0,58
» doble 3 mm	7,57	20 a 30	0,36 a 0,58
» doble 4 mm	10	20 a 30	0,36 a 0,58
» estriado de una pieza	10 a 12	5 a 10	0,08 a 0,20
Cartón embetunado	2,90 a 3	11 a 17	0,20 a 0,30
Cemento volcánico	—	1°,10′ a 3°	0,02 a 0,05

DETALLES COMUNES A TODAS LAS CUBIERTAS

Generalidades acerca del desagüe.—Se comprende que en los primeros tiempos no se preocuparan los constructores más que de evacuar las aguas de la cubierta, pues no se trataba, en efecto, más que de conducir el agua suficientemente lejos para que no penetrara en el recinto que se trataba de cubrir. Pero bien pronto el aumento de población que producían las inmigraciones puso a ciertos pueblos en trance difícil, pues los que se hallaban lejos de un curso de agua se veían privados de este elemento esencial de vida. En esas poblaciones hubo de recurrirse a las cisternas o depósitos subterráneos, que pudieran contener una gran cantidad de agua y mantenerla a una temperatura relativamente baja, que es la primera condición para que se conserve. Una canalización por el terreno, además de la pérdida por absorción que generalmente se produciría, tendría el inconveniente de dar aguas sucias, cargadas de arcilla o de otras

materias. Se recurrió, pues, a recoger las aguas pluviales que caían directamente sobre las cubiertas, por medio de una canalización colocada directamente debajo del alero, conduciéndolas a depósitos de fábrica, enterrados en el suelo y accesibles por un registro colocado encima del pozo de bajada.

Los primeros canalones fueron, probablemente, de madera y compuestos de dos tablas clavadas, cuya junta estaba guarnecida para asegurar la impermeabilidad. Después, se construyeron segu-



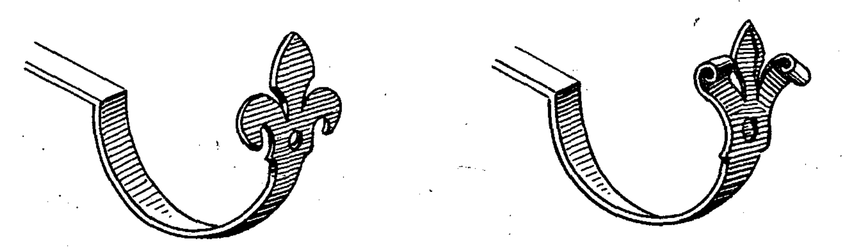
Fig. 1248. Canalón colgado.

Fig. 1249. Gancho para sujetar el canalón.

ramente de barro cocido o de piedra; las salidas de las aguas se hacían por medio de tragantes, más o menos adornados, o por gárgolas, como en los edificios de la edad media.

En la actualidad se emplean numerosos sistemas, cuyos tipos examinaremos brevemente.

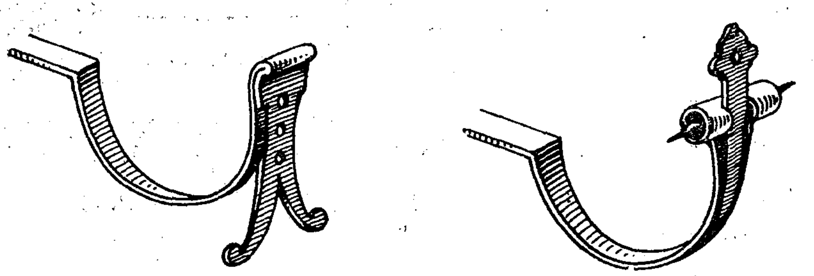
Canalones.—Son generalmente de zinc, pues, aunque el cobre y el palastro (particularmente galvanizado) son materiales convenien-



Figs. 1250 y 1251. — Ganchos decorativos para sujetar el canalón.

tes, se emplean poco, a causa de su coste; también pueden construirse de fundición.

Canalones de zinc.—Suelen ser de sección semicircular, de zinc



Figs. 1252 y 1253. — Ganchos decorativos para sujetar el canalón.

del número 12 ó del 14; pueden construirse del tamaño que convenga, pero de ordinario, según el área de la cubierta, se emplean los de 165, 250 ó 325 mm, que corresponden a las dimensiones comerciales de las

chapas de zinc. El canalón de forma semicircular tiene su borde exterior doblado sobre sí mismo, formando (fig. 1248) un pequeño baquetón, y está sostenido por ganchos de hierro que se colocan a unos 80 cm entre sí, o sea cada dos cabios. Estos ganchos (figura 1249) terminan en una punta que permite fijarlos sólidamente en el cabio o en las tablas del alero. También se hacen de hierro plano para fijarlos con clavos o tornillos sobre una madera, o sobre cabios metálicos. Por último, si se quiere que el gancho contribuya a la ornamentación, cortando la línea un poco seca y monótona del canalón, puede decorarse de modos distintos, como se ve en las figuras 1250 a 1253.

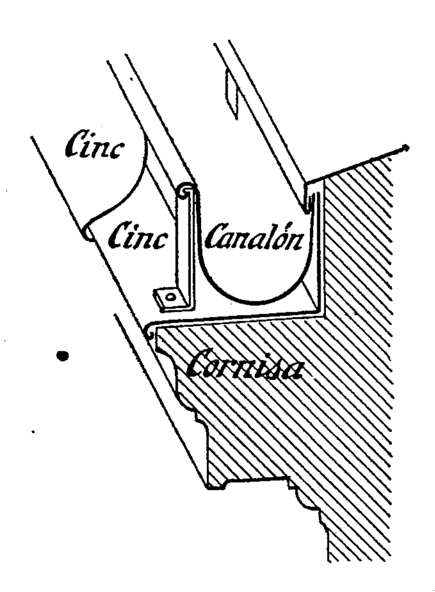


Fig. 1254.
Canalón a la inglesa.

El canalón que acabamos de describir, empleado en las cubiertas de gran saliente, se llama *canalón colgado*. El canalón *a la inglesa* (fig. 1254) tiene la ventaja de que no tapa la cornisa, y de que se presta a imitar los canalones de cajón.

Guarnecidos con plomo, o con zinc, se hacen excelentes canalones compuestos de tres tablas, sostenidas por barras planas y escuadras de hierro. La forma para obtener la pendiente hacia los tubos de bajada se da con yeso o con madera; en este último caso, se compone sencillamente de un entarimado de ripias colocadas sobre listones de diferentes gruesos, que varían con la inclinación que se quiere obtener (fig. 1255).

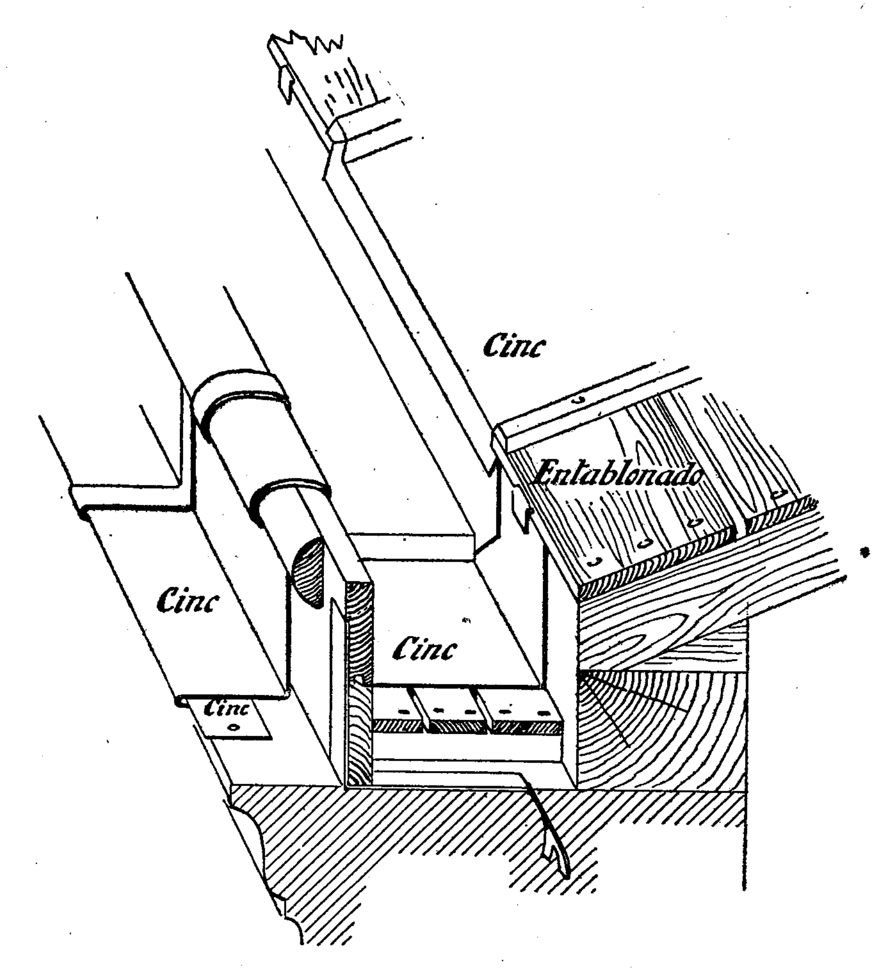


Fig. 1255. — Canalón encajonado.

La *Compañía Asturiana de Minas* fabrica canalones de zinc con las dimensiones siguientes:

Canalones semicirculares

Número de los canalones . . .	**2**	**3**	**4**	**5**
Número de la chapa.	12	12	13	13
Diámetro, en cm.	10	12	14	16
Desarrollo, en cm	20	25	30	35

Canalones rectangulares

Número de los canalones . . .	**2**	**3**	**4**	**5**
Número de la chapa.	12	13	13	13
Ancho, en cm	10	12	14	16
Altura, en cm	5	6	7	8
Desarrollo, en cm	24	28	33	37

Canalones de fundición. — Desde hace algún tiempo, se construyen canalones de fundición, ornamentados o lisos, a los que se da por medio de la pintura el aspecto de la piedra o de cualquier otro

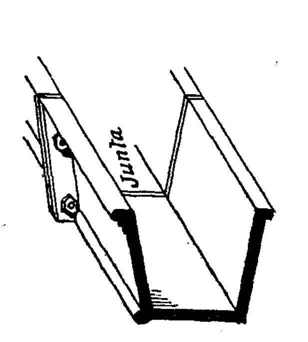


Fig. 1256.
Canalón de fundición.

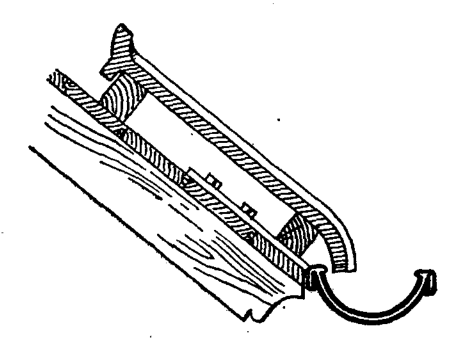
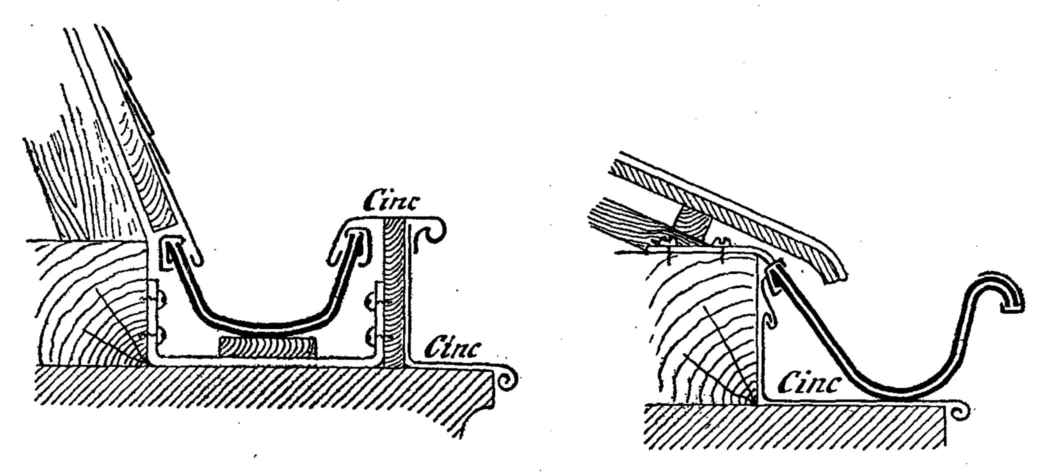


Fig. 1257.
Canalón semicircular de fundición.

material. Las uniones se hacen por medio de tornillos, interponiendo juntas de cuero engrasado, o de caucho (fig. 1256).



Figs. 1258 y 1259. — Canalones de fundición, tipo *Bigot-Renaux*.

Uno de los mejores tipos de canalón de hierro fundido es el representado en las figuras 1257 a 1259: su relativa ligereza y la perfección de la junta hacen que sea un excelente elemento de cons-

trucción. Estos canalones se pueden emplear colgados, en cajones o aparentes, y la inclinación necesaria es muy pequeña.

CANALONES DE CHAPA DE ACERO. — Afectan las mismas formas que los canalones de fundición últimamente mencionados, y la junta es, sensiblemente, la misma. Una ventaja de estos canalones es la de poder fabricarse de una sola pieza, hasta de seis metros de longitud. Los canalones de chapa de acero los fabrica, por ejemplo, la casa Joachim et Cie., alquitranados, pintados con minio o galvanizados.

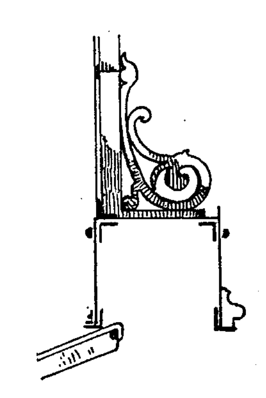


Fig. 1260.—Canalón de palastro.

CANALONES DE PALASTRO GALVANIZADO. — Estos canalones se hacen siempre de encargo y pueden tener una forma cualquiera, según el sitio donde deban utilizarse. La junta se hace por solape, guarneciéndola y remachándola.

CANALONES DE PALASTRO ORDINARIO. — A veces, se emplean canalones compuestos de tres palastros ensamblados entre sí, por medio de cantoneras, y ornamentados cuando se quiere, con molduras también de hierro (figura 1260).

Tubos de bajada. — Se llaman así los tubos que sirven para dar salida a las aguas pluviales y caseras. Los tubos de bajada para cubiertas se hacen, generalmente, de zinc del número 12 ó del 14, y tienen 8 u 11 cm, o más, de diámetro, según la cantidad de agua a que deban dar salida; su sección debe tener 1,2 cm² por cada metro cuadrado de proyección horizontal cubierta que deba desaguar el tubo de bajada. Estos tubos se sostienen por collares de hierro empotrados o clavados, según que se adosen a obras de fábrica o de madera. Para impedir el deslizamiento, que no dejaría de producirse, se suelda al tubo, en el sitio del collar y apoyándose en él, un pequeño apéndice de zinc en forma de nariz (figura 1261). El zinc es poco adecuado para resistir los choques, por lo cual, en la parte inferior de la tubería que es la más expuesta, se coloca un tubo de fundición liso o adornado, cuyo extremo inferior forma una boca y toma el nombre de *delfín* porque, al principio, se daba a este extremo del tubo de bajada la forma de una cabeza de delfín.

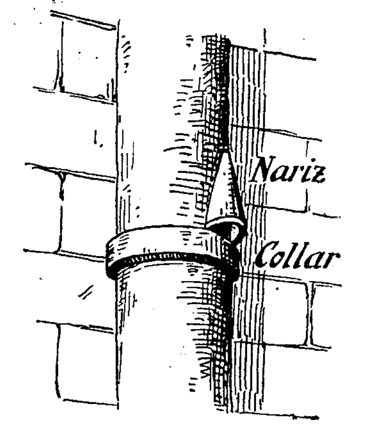


Fig. 1261.—Tubo de bajada, de zinc.

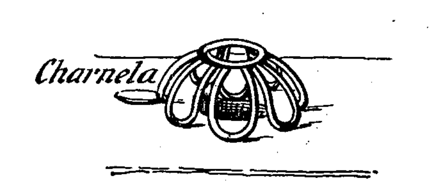


Fig. 1262.—Galápago para tubo de bajada.

Se debe colocar, siempre, en la entrada del tubo de bajada una

rejilla llamada *galápago* (fig. 1262), y todavía es mejor disponer un galápago, un codillo y una cubeta con aliviadero (fig. 1263).

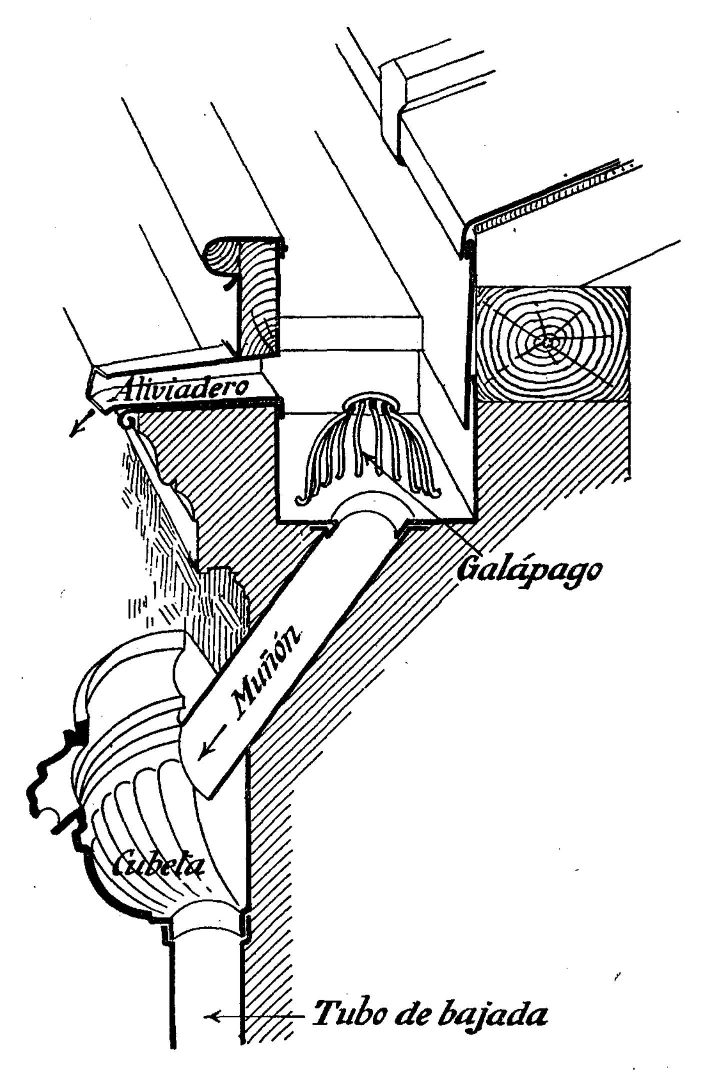


Fig. 1263. — Parte superior de una tubería de bajada.

La *Compañía Asturiana de Minas* construye tubos de bajada de zinc, en trozos de dos metros de largo, con las características siguientes:

Número del tubo	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Número de la chapa. . .	10	10	11	11	12	12
Diámetro interior, en cm .	5	6	7	8	9	10
Desarrollo, en mm . . .	180	195	225	255	285	320

Los tubos de bajada de fundición pueden ser lisos o decorados, se enchufan unos en otros y la junta se toma con cemento. Los collares se fijan por empotramiento, y también se emplean collares articulados (figura 1264) para permitir la reparación sin necesidad de desempotrarlos.

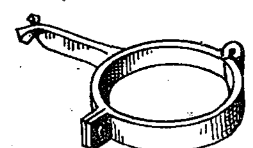


Fig. 1264. Collar articulado.

Bastidores de acceso a la cubierta. — Para tener acceso a la cubierta y, a veces, para dar claridad, se emplean

las claraboyas llamadas de tabaquera. En las cubiertas de tejas, estos bastidores, llamados *claraboyas,* corresponden a un número exacto de tejas; así se dice: claraboya de cuatro tejas, de seis tejas, etc. (figura 1265).

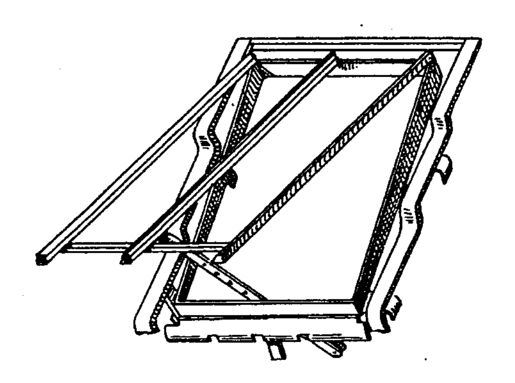


Fig. 1265. — Claraboya de tabaquera.

Tapajuntas de pared, de yeso.— Se emplea en el caso de que una cubierta cobije un edificio adosado a otro; cuando se emplean tejas, la junta se efectúa como representamos en la figura 1266; para zinc o pizarra, se coloca sencillamente una moldura de yeso que forma saliente y goterón sobre el metal (fig. 1267).

Tapajuntas de pared, de zinc. — Es una faja de zinc clavada con puntas muy próximas y cuyas cabezas deben atravesar una arandela de cobre o de plomo (fig. 1268).

Fajas de cornisa. — Se llama así una chapa de plomo que se fija debajo de la cornisa de la mansarda, recubriendo las pizarras (figura 1269).

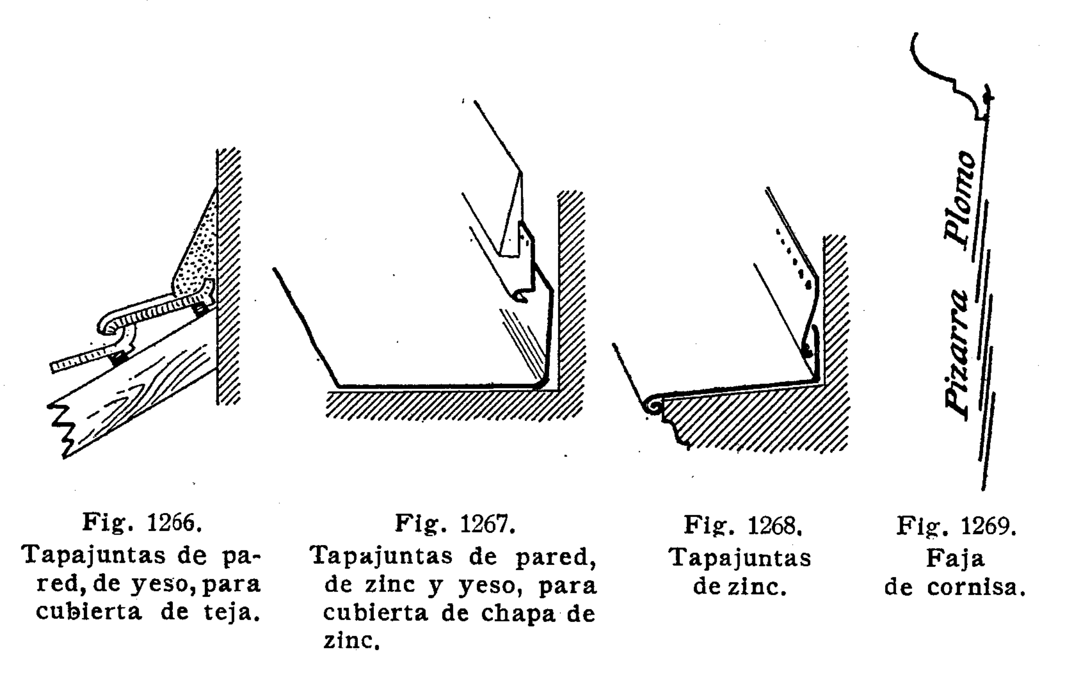


Fig. 1266. Tapajuntas de pared, de yeso, para cubierta de teja.

Fig. 1267. Tapajuntas de pared, de zinc y yeso, para cubierta de chapa de zinc.

Fig. 1268. Tapajuntas de zinc.

Fig. 1269. Faja de cornisa.

Limatesas y limahoyas.—La limatesa es un ángulo saliente de la cubierta: no difiere de las cubrejuntas más que en las dimensiones. En las cubiertas de tejas se disponen lo mismo que los caballetes o cumbreras; para las de pizarra ya se han dado detalles en la página 408.

La limahoya es lo contrario de la limatesa, es decir, el ángulo entrante formado por el encuentro de las superficies de dos vertien-

tes. Para cubrir una limahoya se emplean diversos procedimientos, según la naturaleza de los materiales que forman la cubierta.

En las cubiertas de tejas se forman las limahoyas por una serie de tejas canales (fig. 1270), pero en las cubiertas de pizarras se forman con chapas de plomo; en este caso, la limahoya es un verdadero canalón inclinado, formado por una serie de planchas, embordadas lateralmente con un pequeño rodete ligeramente aplastado y clavado al entablado (fig. 1271). También se hacen limahoyas de zinc, y entonces sirven para toda clase de cubiertas (fig. 1272).

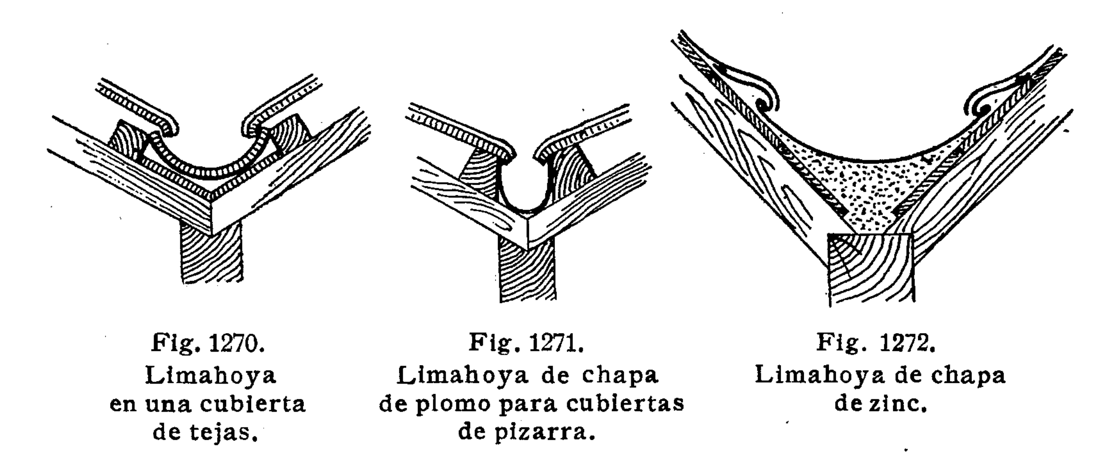


Fig. 1270. Limahoya en una cubierta de tejas.

Fig. 1271. Limahoya de chapa de plomo para cubiertas de pizarra.

Fig. 1272. Limahoya de chapa de zinc.

CAPÍTULO X

Carpintería de taller y herrería

Puertas de madera.—Dimensiones.—Sentido en que se abren las puertas.—Cercos de puerta.—Puertas de sótanos.—Puertas llenas.—Puertas de escape.—Puertas de tableros pequeños.—Puertas de tableros grandes.—Puertas correderas.—Puertas cocheras.—Puertas de cuadras.—Puertas de almacenes.

Ventanas de madera. - Ventanillos.—Ventanas de una hoja.—Ventanas de dos hojas.—Diversas clases de ventanas.—Revestimientos de los derrames. — Contraventanas. — Persianas. - Herrajes de las persianas de madera.—Cierres de madera para las tiendas.

Cierres metálicos.—Consideraciones generales.—Persianas de hierro. — Ventanas completamente metálicas.—Clasificación de los cierres metálicos de tiendas. — Cierres de láminas: cierre Maillard, cierre Chédeville, cierres Jomain, cierre Lazon, cierre Blache.—Cierres de palastro ondulado: cierres Jacquemet, Mesnet et Cie.; cierre Paccard.—Cierres de elementos articulados.—Telones de los teatros.

Entarimados.—Estructura y clasificación de los entarimados.—Colocación de los rastreles o durmientes.—Entarimados a la inglesa. —Entarimado de punto de Hungría. — Entarimado a la francesa. — Entarimado de juntas alternadas.— Entarimados de taracea.—Entarimados de mosaico.—Observaciones generales.

Obras diversas de carpintería. —Molduras: junquillos, jambajes, cimacios. — Revestimientos.—Tableros.—Cornisas.—Plintos o zócalos.—Estilobatos.

Construcciones rústicas.—Cercas caladas.—Construcciones rústicas diversas.

Terminado un edificio en la parte referente a las obras mayores, es decir, una vez concluídos los muros, suelos y cubiertas, está muy distante de quedar acabado, y sobre todo, de ser habitable. Quedan por hacer toda una serie de trabajos interiores, entre los cuales figuran sobre todo los de carpintería de taller: puertas, ventanas, molduras, revestimientos, entarimados, etc.

Al mismo tiempo que la carpintería de taller, examinaremos los herrajes propios para cada uno de los elementos de madera, como también estudiaremos la construcción de dichos elementos cuando son enteramente metálicos, como ocurre algunas veces con ventanas, cierres, etc.

PUERTAS DE MADERA

Dimensiones. — Las puertas sirven para establecer o interrumpir la comunicación entre dos locales o espacios contiguos. Las puertas se dividen en dos tipos principales: interiores y exteriores.

Puertas interiores son:

a) las puertas *de sótanos,* cuyo ancho varía de 0,80 a 1,00 m;
b) las puertas *de cocinas* y *de servicio,* cuyo ancho está comprendido entre 0,65 y 0,80 m;
c) las puertas *de escape,* disimuladas bajo el empapelado de la habitación, cuyo ancho oscila entre 0,65 y 0,80 m;
d) las puertas *de alcobas,* de ancho comprendido entre 0,75 y 0,85 m;
e) las mismas de dos hojas, de ancho total variable entre 1,30 y 1,50 m;
f) las puertas *de salón* (de dos hojas) de ancho comprendido entre 1,35 y 2,00 metros.

Puertas exteriores son:

a) las puertas *de cuadras,* de ancho comprendido entre 1,20 y 2,00 m;
b) las puertas *de almacenes,* de ancho variable entre 2,60 y 3,00 m;
c) las puertas *cocheras,* cuyo ancho varía entre 2,50 y 3,20 m;
d) las puertas *carreteras,* a las que conviene dar todo el ancho posible;
e) las puertas *de entrada para pisos,* de una hoja y de ancho variable entre 0,85 y 1,05 m;
f) las mismas de dos hojas, que tienen un ancho de 1,30 a 2,30 m.

Todas estas dimensiones representan el paso libre entre las jambas, estando abierta la puerta.

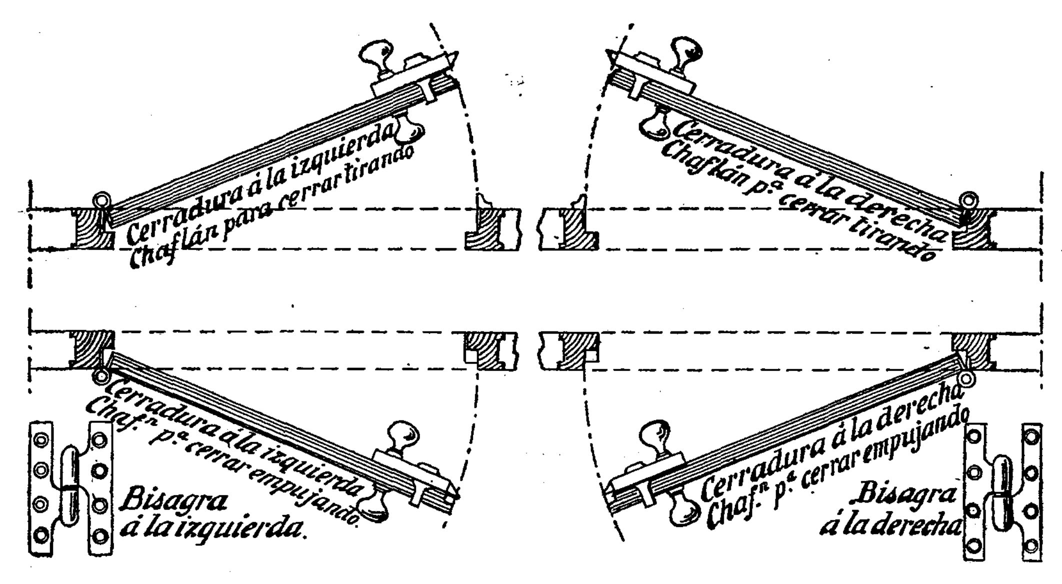
La altura de las puertas es muy variable, dependiendo de la altura del piso, de la del dintel a de diversas circunstancias particulares: para las puertas de una hoja, es necesario, considerando el ancho mínimo, dar una altura de 2,10 a 2,30 m; para las puertas de dos hojas no debe ser inferior a 2,20 m. En cuanto a las proporciones que deben adoptarse, se obtiene siempre un buen resultado tomando, como altura, la diagonal de un rectángulo que tenga por base el ancho y como altura el doble del mismo (figura 1273).

Fig. 1273. Determinación gráfica de las proporciones de una puerta.

Sentido en que se abren las puertas.—Interesa especialmente para encargar los herrajes, pues hay que fijar la dirección del chaflán del pestillo, el sentido en que ha de girar el pomo (a derecha o a izquierda) para abrir, y la posición que ocupan los goznes, lo que muestran claramente las figuras 1274 a 1279.

Cercos de puerta. — El cerco es la reunión de las *jambas* y del *cabecero,* y constituye el bastidor fijo del vano en los entramados de madera (en éstos, las jambas se llaman *pies derechos de puerta* o *de elección)* o en tabiques ligeros; estas piezas llevan una ranura en la que se aloja el marco de la hoja de la puerta. Las jambas tienen

escuadría de 8 × 8 cm y enrasan con el enlucido (fig. 1280). En ciertos casos particulares el cerco tiene puente (fig. 1281) y otras



Figs. 1274 a 1279. — Fijación del sentido en que se abren las puertas, para encargar los herrajes.

veces se construyen del modo indicado en la figura 1282. Todas las piezas de madera que constituyen el cerco tienen escopleada una cara para retener el yeso que rellena el entramado; véase también la figura 657.



Fig. 1280. — Sección horizontal de una jamba o pie derecho de puerta.

Además de los pies derechos de puerta o de elección, los tabiques de entramado tienen *pies derechos de relleno*, ordinariamente de 8 × 8 cm de escuadría y escopleados por dos caras; se colocan empotrados por sus dos extremos, cuando se trata de tabiques ligeros o de ladrillos de yeso, y no deben distar uno de otro más de 1,50 me-

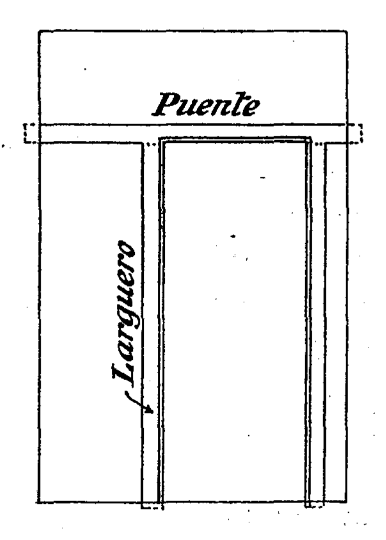


Fig. 1281.
Cerco de largueros y puente.

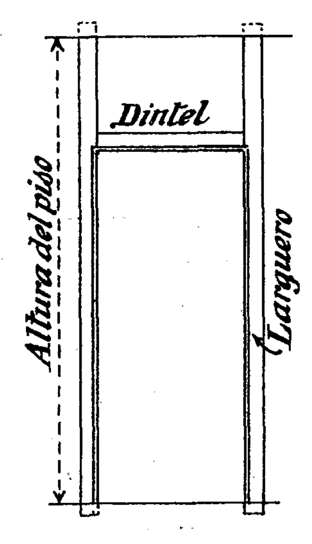
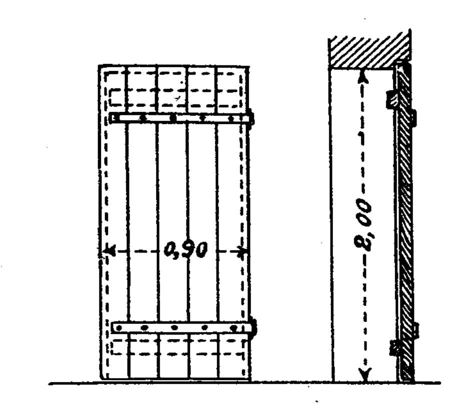


Fig. 1282.
Cerco corriente de puerta.

tros. Cuando la altura del piso pasa de 2,90 m, es preferible emplear cercos y jambas de 11 cm.

Cuando el tabique no es de entramado, el cerco es simplemente un cuadro o marco que se aloja en los alféizares del vano. Cuando la pared es gruesa se coloca, del lado opuesto, un contramarco sin puerta (figuras 1283 y 1284).

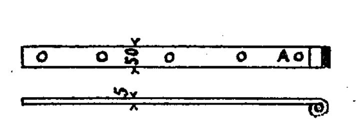
Los cercos se guarnecen sencillamente con clavos de barquilla,

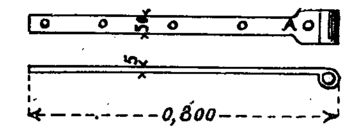


Figs. 1283 y 1284.
Marco y contramarco de puerta, en una pared de fábrica.

Figs. 1285 y 1286.
Puerta de sótano.

algunas veces se les agregan patillas atornilladas que se van a empotrar en el tabique. Los marcos se fijan, también, por medio





Figs. 1287 a 1290. — Pernios.

de orejas o patillas, en número de siete para una puerta ordinaria.

Puertas de sótanos.—Se componen de tablas espaciadas 1 cm con dos traveseros por lo menos y una tornapunta (figs. 1285 y 1286). Los herrajes consisten: en dos *pernios* de hierro plano ordinario (figs. 1287 y 1288), el agujero *A* que está cerca del cuello recibe un pasador con tuerca (en los demás se ponen tornillos); otras veces se emplean pernios de cuello ensanchado (figs. 1289 y 1290) o de cuello esanchado y acodillado (figs. 1291 y 1292). Los goznes pueden ser de tres clases: de *empotramiento* (fig. 1293), de *punta* (fig. 1294) o de *patilla* para fijarlos con tornillos al cerco (fig. 1295). Para cerrar se usa, muchas veces, un

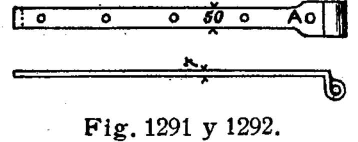
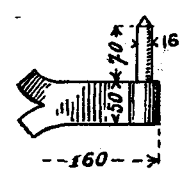
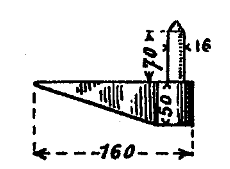
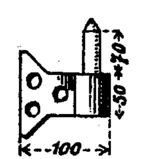


Fig. 1291 y 1292.
Pernio de cuello acodillado.

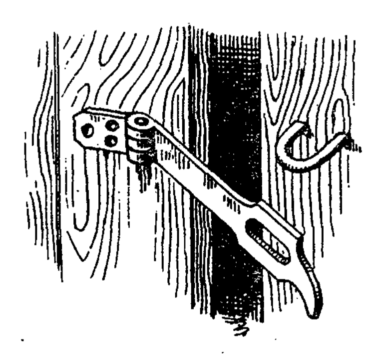
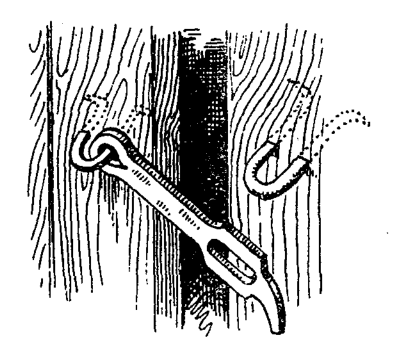






Figs. 1293 a 1295.—Goznes para puertas de sótanos.

candado y entonces el herraje consta, sencillamente, de una aldaba que se fija por tornillos con tuerca interior (fig. 1296) o por medio de

Figs. 1296 y 1297.—Aldabillas para puertas de sótanos.

una grapilla, clavada en el cerco y remachada por dentro (fig. 1297): en ambos casos, el ojo de la aldaba da paso a una hembrilla, donde se coloca el candado.

Con frecuencia, se emplean también cerraduras para las puertas de los sótanos; se eligen, ordinariamente, cerraduras de pestillo durmiente, que se abre por los dos lados.

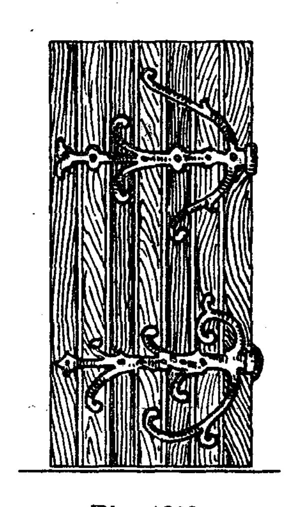
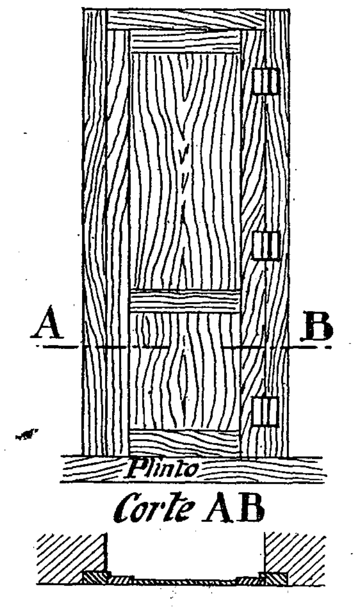


Fig. 1298.
Puerta llena.

Puertas llenas. — Son las más sencillas y se componen de tablas ensambladas a ranura y lengüeta, con moldura de junquillo en las juntas. Estas puertas pueden estar sencillamente ensambladas, por medio de pernios dobles que encepan las tablas, a las que se fijan por pasadores o pernos que atraviesan las tablas por su parte central (fig. 1298). También se hacen estas puertas con traveseros y tornapuntas, es decir, de la misma manera que las puertas de sótanos.



Figs. 1299 y 1300.
Puerta de escape.

Puertas de escape. — Son puertas llenas una de cuyas caras es completamente plana y dispuesta para recibir la tapicería, empapelado, pintura o molduras que se pongan en las paredes, en una palabra, es una puerta disimulada. Si las dos caras son lisas, la puerta se compone de tablas ensambladas entre sí, a ranura y lengüeta con llaves, y alojadas por sus dos extremos en los traveseros (figuras 1299 y 1300). Las tablas son, casi siempre, de pino y los traveseros de encina. Para que el papel pintado quede aislado de la ma-

dera y ésta pueda dilatarse y contraerse, se clava sobre estas puertas una tela, encima de la cual se pega el papel en la forma que indicaremos al hablar del empapelado en el capítulo XIV.

Puertas de tableros pequeños. — Se llama *moldura remetida* la moldura que se labra en el marco mismo de la puerta (fig. 1301). Las puertas de moldura remetida pueden ir envidrieradas en la parte superior (para cocinas, gabinetes, etc.); en este caso, es prudente dividir el vidrio en dos piezas con un baquetón intermedio de madera, o mejor de hierro. Las puertas interiores de esta clase

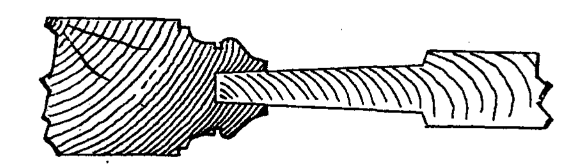


Fig. 1301. — Moldura remetida.

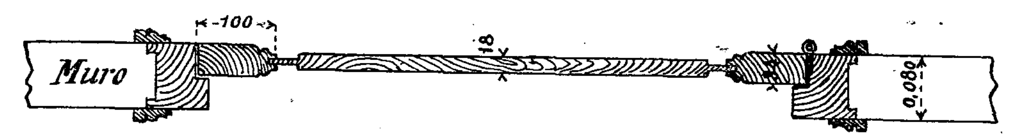
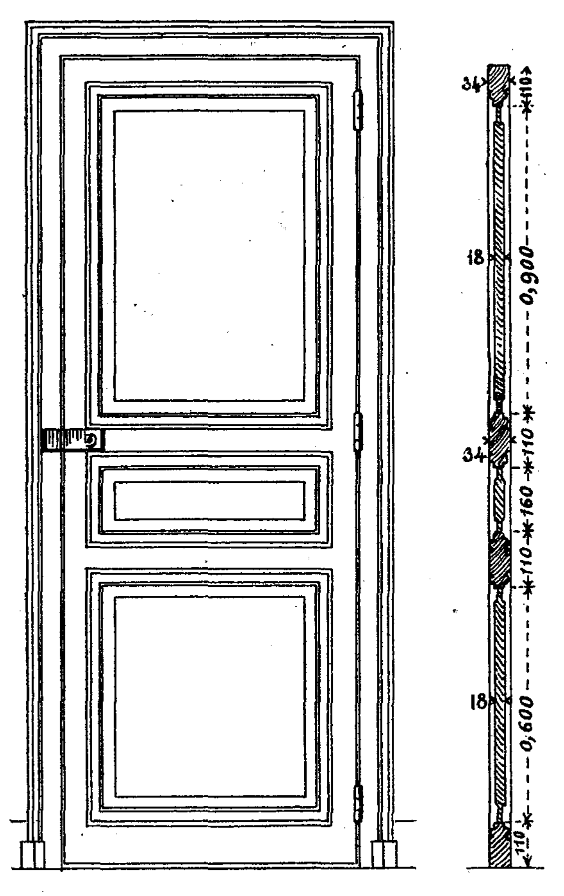


Fig. 1302. — Corte horizontal de una puerta de moldura remetida con cerco de entramado.

suelen construirse con largueros y peinazos de 35 a 40 mm de espesor, y tableros de 18 a 22 mm aproximadamente (fig. 1302); tienen dos o tres tableros, según el lujo de la construcción (figs. 1303 y 1304), se alojan en un cerco o en un marco (figuras 1303 y 1304). Las puertas de una hoja están provistas ordinariamente de tres pernios, empleándose, como cerraduras: picaportes, cerraduras de dos pestillos, cerraduras para abrir por ambos lados o cerraduras de seguridad en las puertas de entrada; en este último caso, se coloca fuera un tirador en cada hoja. Las puertas de dos hojas, con marco y contramarco, se fijan por medio de siete patillas de 12 cm (figura 1305), seis bisagras de 11 cm y dos pasadores de vástago semirredondo y botón de cobre (fig. 1306).



Figs. 1303 y 1304.
Puerta de tableros pequeños.

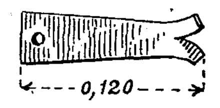


Fig. 1305.
Patilla.

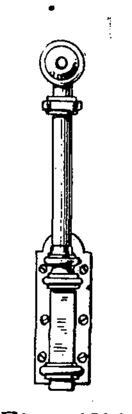


Fig. 1306.
Pasador.

Puertas de tableros grandes. — Al contrario que en las de tableros pequeños, en éstas las molduras sobresalen del cerco o marco (figura 1307); las figuras 1308 a 1311 muestran algunos tipos de molduras. En las figuras 1312 a 1314 representamos como ejemplo una puerta de vestíbulo de dos hojas. Su construcción es la siguiente:

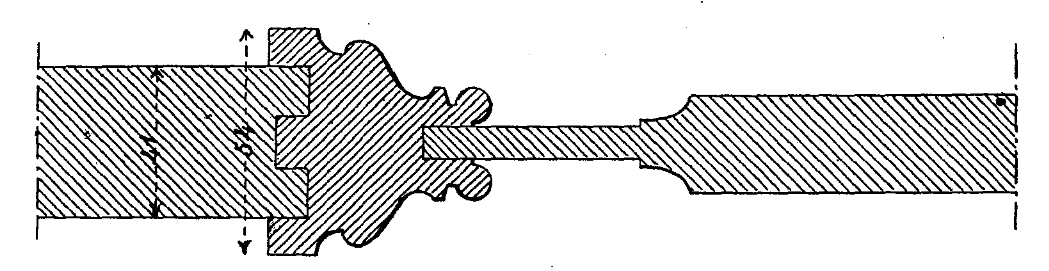
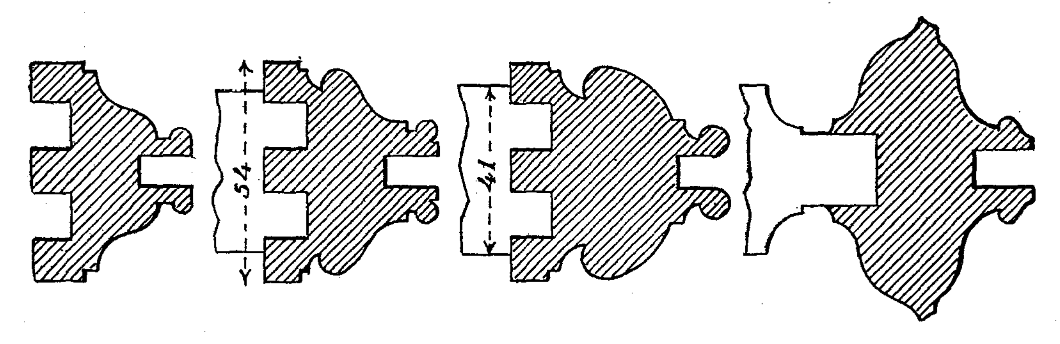


Fig. 1307. — Tablero grande o de moldura sobrepuesta.

bastidor fijo o cerco, 7 × 7 cm; marco de las hojas y peinazos, 10 × 4 cm; recuadros y entrecalles de 6 × 5,4 cm; tableros moldados a dos haces (por las dos caras) de 3,4 cm de grueso; paneles superiores de fundición o de hierro forjado con bastidor envidrierado por detrás.

Los herrajes de esta puerta se componen de 7 patillas de 16 centímetros para el cerco (como las que muestra la figura 1305), 4 escua-



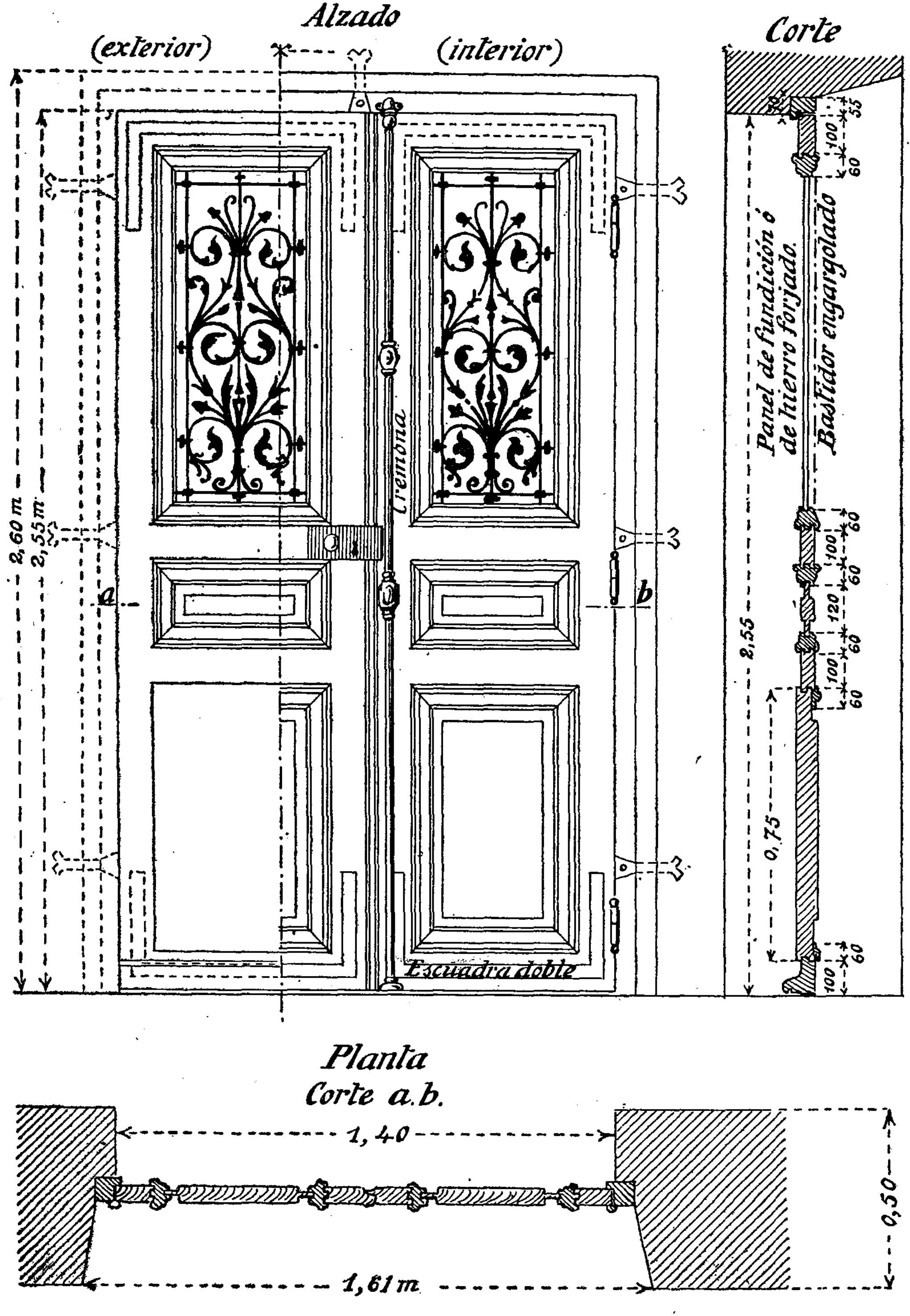
Figs. 1308 a 1311. — Diversos perfiles de molduras para puertas de tableros grandes.

dras dobles (fig. 1315), 6 bisagras de palas, entalladas en el cerco y fijadas cada una por 12 tornillos (fig. 1316); una cremona con armellas y anillas y, por último, de una cerradura de seguridad, con pestillo de chaflán.

Puertas correderas. — En las habitaciones pequeñas y con muchos muebles, las puertas no se pueden abrir por completo y ocupan inútilmente un espacio del que sería muy conveniente poder disponer. Por estas razones, se ha ideado reemplazar el movimiento de rotación de las puertas por uno de traslación, habiéndose llegado a disimular las hojas haciéndolas penetrar en una corredera o espacio que se deja en el espesor del muro o tabique (figura 1317).

Estas puertas, desde el punto de vista de la carpintería de taller, no difieren de las precedentes, pero ofrecen interés sus herrajes.

No vacilamos en condenar el sistema de deslizamiento simple, que puede emplearse en una vitrina, pero que es inaceptable para



Figs. 1312 a 1314. — Puerta de entrada.

una puerta. Es preciso, en nuestra opinión, que la puerta esté montada sobre roldanas que rueden sobre un carril, colocando aquéllas arriba o abajo con arreglo a los dos casos siguientes: abajo, en las puertas correderas de las habitaciones cuando no se usan continuamente, pues son manejadas con ciertas precauciones y conservadas

en buen estado; en las puertas exteriores, destinadas a cocheras, cobertizos, etc., opinamos que la puerta debe estar suspendida, porque el carril colocado al ras del suelo en un patio estaría obstruído constantemente y, como es inevitable que sean manejadas con cierta brusquedad, las

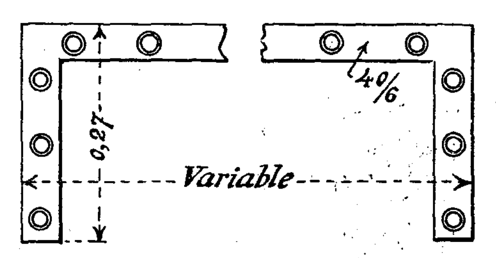


Fig. 1315.—Escuadra doble.

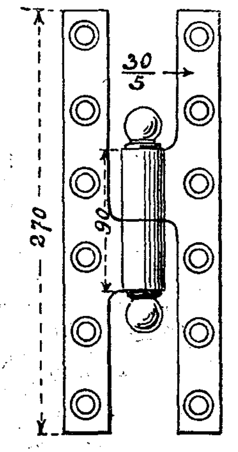


Fig. 1316.—Bisagra.

puertas descarrilarían con frecuencia y causarían accidentes graves.

En una puerta interior, basta que debajo de cada hoja se colo-

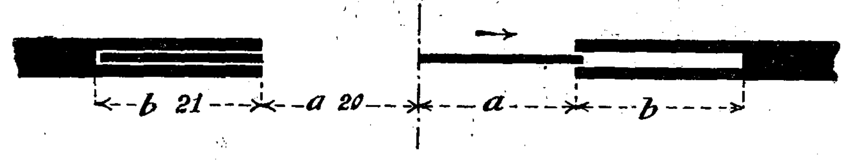
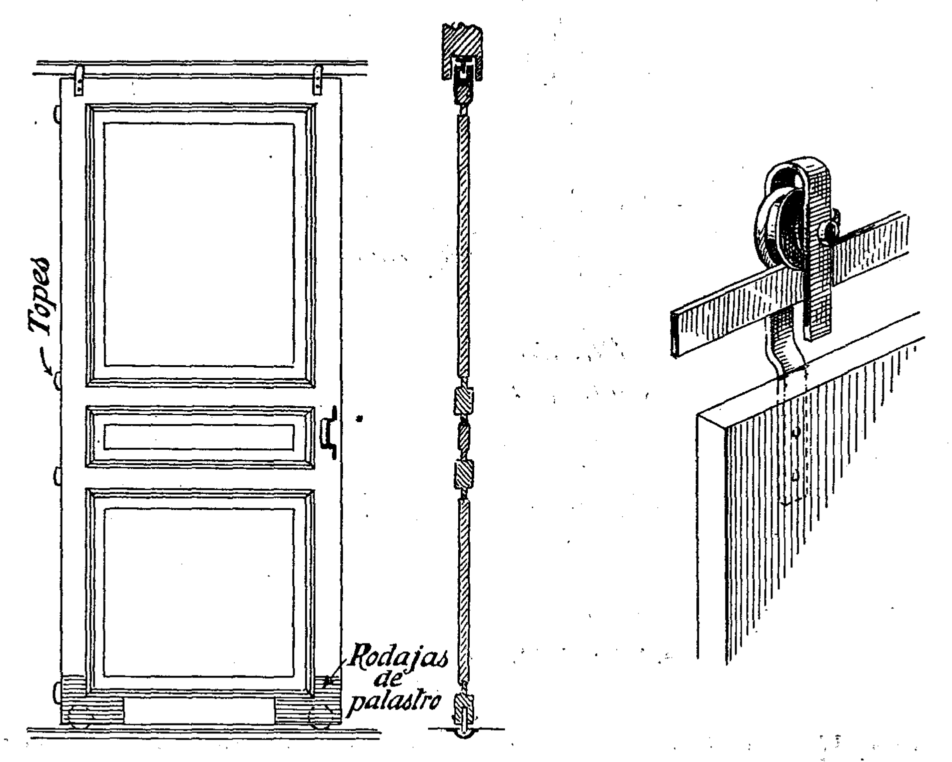


Fig. 1317.—Puertas alojadas en un tabique.

quen dos roldanas pequeñas, que circulen por un carril acanalado, guiándola por arriba en la forma que indican las figuras 1318 y 1319.



Figs. 1318 y 1319.—Puerta corredera para habitación interior.

Fig. 1320.—Suspensión de una puerta corredera exterior.

Para puertas exteriores, el carril puede ser un hierro plano—sostenido por palomillas, colocadas de trecho en trecho—y la puerta

está provista en la parte superior de cada hoja de dos robustas roldanas con una chapa, cuyo extremo se ha tenido cuidado de prolongar para que evite la caída de la puerta en caso de descarrilamiento (fig. 1320). También se puede aconsejar el empleo de la suspensión Fontaine (figura 1321) de doble rodadura, en la cual el eje de la roldana rueda en una ranura, en vez de girar dentro de un orificio, lo cual reduce el rozamiento.

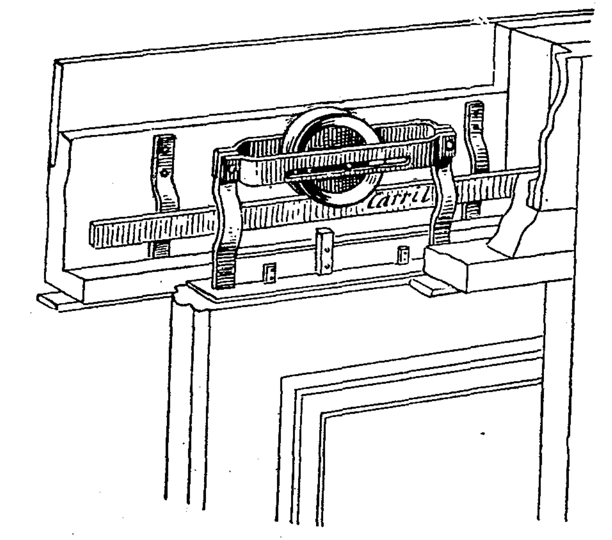
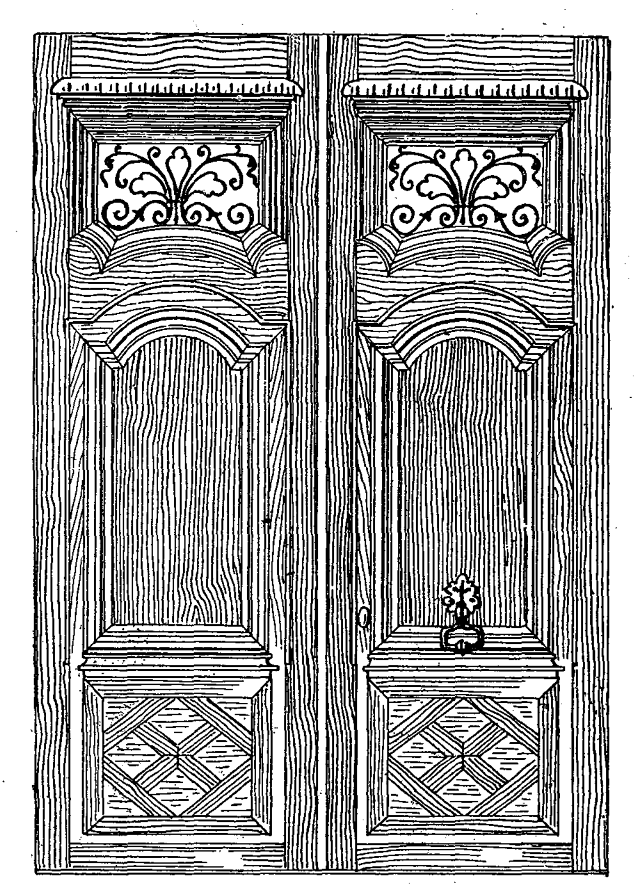


Fig. 1321.—Suspensión *Fontaine* para puerta corredera exterior.

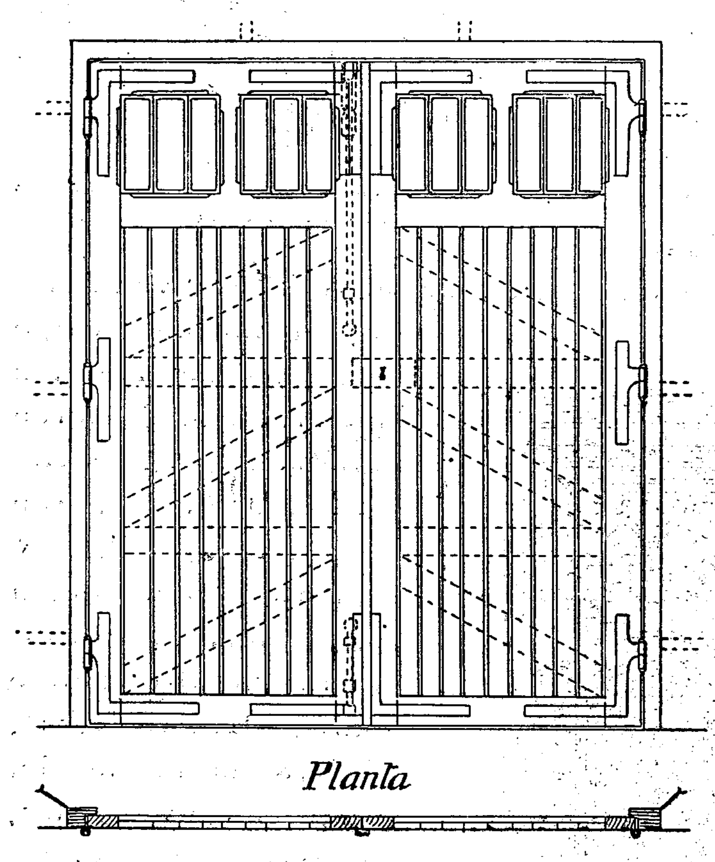
Puertas cocheras. — Estas puertas tienen generalmente grandes dimensiones, por lo que presentan graves inconvenientes si, al mismo tiempo que para dejar paso a los vehículos, sirven también para peatones. Por su peso son difíciles de abrir y por su tamaño dejan pasar una gran cantidad de aire frío o polvo. Para remediar, dentro de lo posible, estos inconvenientes, se abre en una de las hojas un vano más pequeño, que se llama *postigo,* que se disimula lo mejor que se pueda, a menos que se acuse francamente que es, en nuestra opinión, lo mejor, estudiando la puerta para que conserve la solidez que pudiera quitarle esta abertura. Lo más corriente es que el postigo esté imitado en la otra hoja para conservar la simetría, como en las figuras 1322 y 1323.





Figs. 1322 y 1323.—Puerta cochera con postigo.

Puertas de cuadras.—Hemos dicho anteriormente que una puerta de cuadra no debía tener un ancho menor de 1,20 m, para dejar pasar libremente el caballo sin que roce los lados de la puerta. Estas puertas pueden ser de una o de dos hojas; en el primer caso, abren en dos partes unidas horizontalmente a 1,30 m de altura, poco más o menos; pueden hacerse de tablas con traveseros y tornapuntas y entonces se fijan con nueve patillas en el cerco, tienen cuatro pernios grandes, un pasador (fig. 1306) que hace solidarias las dos mitades y una cerradura. Cuando son de dos hojas, se construyen de tablas de 27 mm de espesor, con un bastidor de 40 ó 50 mm y cerco de 70; ordinariamente, se deja una parte envidrierada en la parte superior.



Figs. 1324 y 1325.
Puerta para almacenes, fábricas, etc.

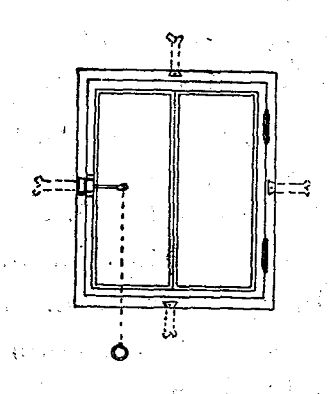
Puertas de almacenes. — Estas puertas, que miden 2,50 ó 3,00 m de ancho, son de dos hojas, de tablas con traveseros y tornapuntas o de tableros encuadrados en el bastidor. En el ejemplo de las figuras 1324 y 1325 el cerco es de encina de 7×7 cm, los bastidores de las hojas miden 5,4 × 12 cm de escuadría, el relleno es de tablas de encina de 27 mm, enrasadas por el exterior y arriostradas interiormente por traveseros que salvan la diferencia de espesor entre los listones y el bastidor. Los herrajes necesarios son: 9 patillas para el cerco, 8 escuadras de 40 × 50 cm (forjadas con hierro plano de 50 × 9 mm), 6 bisagras de 40 cm de pala, dos sólidos pasadores, o una cremona de hierro mediacaña de 22 mm. La cerradura será la que convenga en cada caso particular.

VENTANAS DE MADERA

Ventanillos.—Son ventanas de dimensiones restringidas y generalmente de una hoja; constan de un cerco de 5 cm de espesor, donde

se aloja un bastidor envidrierado compuesto de listones de encina de 3,4 cm de grueso (fig. 1326). Estos ventanillos se emplean ordinariamente en los retretes, medianerías, etc., y requieren los herrajes siguientes: 4 patillas de fijación para el cerco, dos bisagras y un picaporte.

Para las aberturas pequeñas que se practican en los almacenes y talleres,



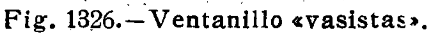


Fig. 1326.—Ventanillo «vasistas».

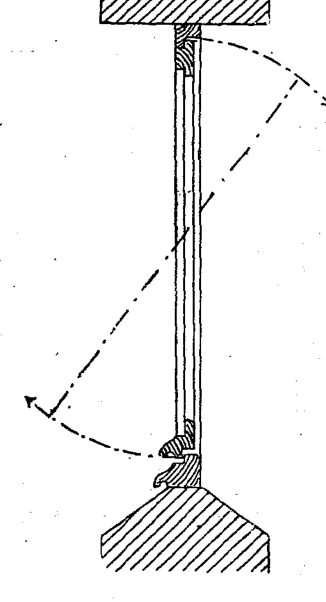


Fig. 1327.—Ventanillo de fuelle (alzado).

se hacen ventanillos con fuelle (fig. 1327) o de báscula con contrapeso, como indicamos en la figura 1328.

Ventanas de una hoja.—En las casas de alquiler, las cocinas y otras piezas tienen con frecuencia dimensiones exiguas; entonces, se recurre a ventanas de una sola hoja que, aproximadamente, miden 1,50 m de altura por 0,50 ó 0,60 de ancho. Se construyen estas ventanas igual que las de dos hojas que en seguida describiremos; la diferencia principal estriba en la supresión de la unión a *boca de lobo,* pues el bastidor encaja en el cerco mediante un sencillo rebajo.

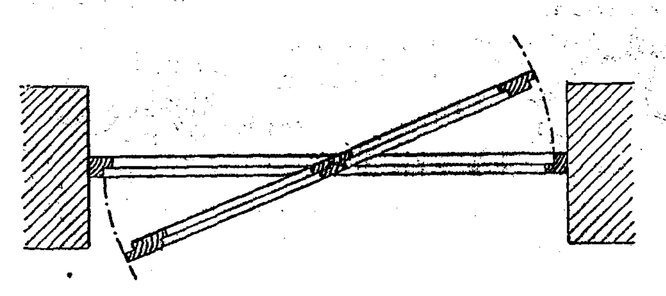
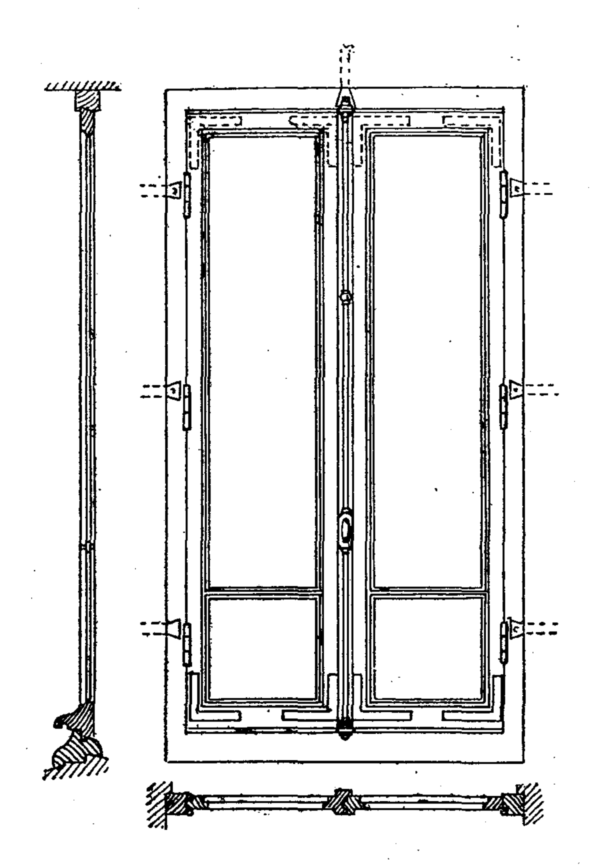


Fig. 1328.—Ventanillo de báscula (planta).

Ventanas de dos hojas (figuras 1329 a 1331).—Se componen de un cerco de madera—formado por dos largueros y dos traveseros (cabecero y peana) ensamblados a caja y espiga — fijado en el muro por medio de siete patillas (para un vano de 1,00 × 2,00 m). Por la cara interior, el cerco tiene un rebajo donde se alojan las hojas de la ventana. El travesero inferior del marco, que se llama *antepecho* o *peana,* tiene en la parte interior un rebajo formando canal, destinado a recoger el agua de condensación y evacuarla por un orificio que sale al exterior (fig. 1332).

También se hacen antepechos (lo mismo que umbrales para puertas-vidrieras) de fundición y de hierro forjado, que son muy prácticos; las figuras 1333 a 1336 representan varios tipos; estas peanas tienen canal interior y exterior: el primero recibe el agua procedente de la condensación de la humedad sobre los vidrios y el canal exterior recoge el agua de lluvia que despide el vierteaguas de la ventana, y ambos desaguan por conductos a propósito. En cada extremo, entre los dos canales, existe una entalladura donde se atornilla el cerco de la ventana, que de este modo queda protegido contra la humedad.



Figs. 1329 a 1331. — Ventana de dos hojas.

Las dos hojas móviles o *vidrieras* que constituyen el cierre de la ventana están formadas por un marco o bastidor cuyo travesero inferior se llama *vierteaguas;* éste tiene por objeto despedir el agua (fig. 1332) y encaja en la peana, teniendo en la cara inferior un pequeño canal llamado *goterón* (formado por una parte vertical y un cuarto de círculo). El agua no puede salvar este obstáculo más que por capilaridad, pero lo hace muy lentamente y

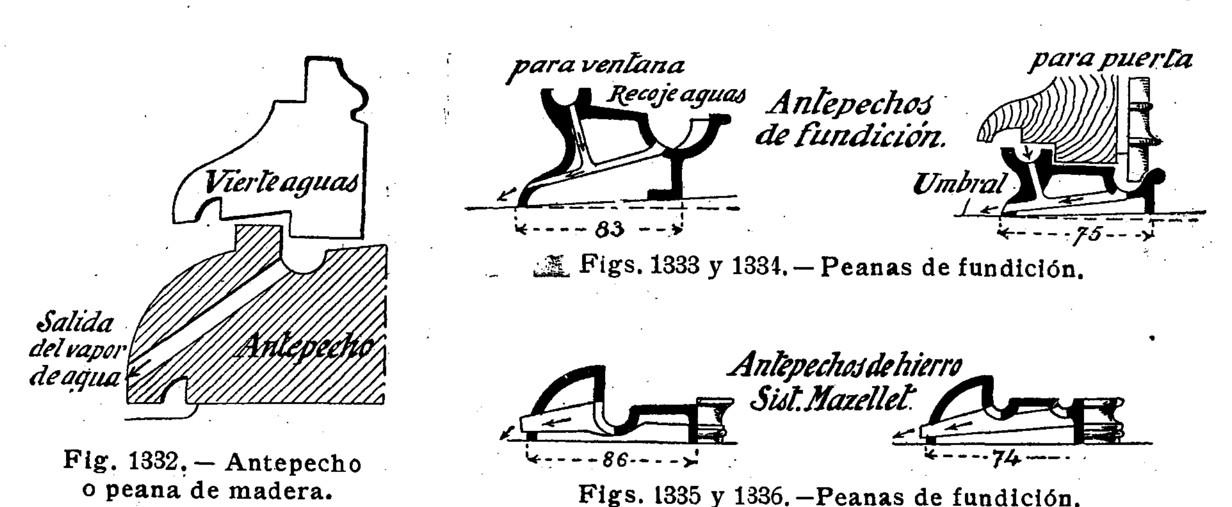


Fig. 1332. — Antepecho o peana de madera.

Figs. 1333 y 1334. — Peanas de fundición.

Figs. 1335 y 1336. — Peanas de fundición.

entonces se acumula en el extremo del vierteaguas, forma gota y cae sobre el antepecho para ser conducida al exterior, por la inclinación del antepecho de piedra o de la guarnición de zinc.

Las dos hojas se fijan al cerco por medio de dos bisagras

(figura 1337); los montantes del cerco tienen una acanaladura en forma de mediacaña llamada nuez, donde encaja una moldura análoga del correspondiente montante de la hoja; la arista interior de dichos montantes se rebaja con un radio igual al de la bisagra. El travesero superior tiene, en su cara exterior, un rebajo que ajusta contra el cerco.

La juntura de las hojas de la ventana se efectúa dando a los montantes en contacto una sección especial que impida el paso del

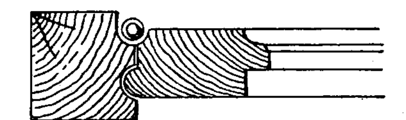


Fig. 1337.—Sección horizontal de una ventana: suspensión del bastidor en el cerco.

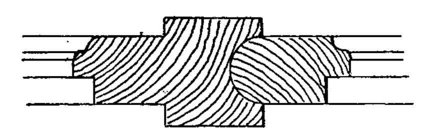


Fig. 1338.—Sección horizontal de una ventana: juntura de las dos hojas.

aire y de la lluvia: es corriente dar a estos montantes la sección representada en la figura 1338.

Esta disposición es muy práctica, pero obliga a abrir las dos hojas al mismo tiempo. Se puede remediar este inconveniente construyendo la ventana con la sección que representa la figura 1339, la cual permite abrir una sola hoja.

Los montantes y traveseros descritos anteriormente forman un rectángulo que puede rellenarse con vidrio de lunas o vidrio grueso, pero lo más corriente es emplear vidrios delgados de tamaño menor, que se colocan dividiendo el rectángulo por medio de listoncillos con rebajos, llamados *baquetones*, que tienen la sección que representa la figura 1340 (véanse, también, páginas 217 y siguientes).

En las casas de alquiler, donde la altura de los pisos suele ser de 2,60 m, las dimensiones de las ventanas son ordinariamente de 1,00 × 2,00 m, pero en los edificios de hoteles, casas de lujo, etc., donde la altura de los pisos alcanza algunas veces cinco metros, no se puede pretender que el ancho de las ventanas sea proporcionado a su altura; de modo que se les da el ancho suficiente de 1,10 a 1,20 m y 3 ó 3,50 m de altura. Sin embargo, para evitar la molestia que forzosamente produce el abrir bastidores envidrierados tan grandes, se ha recurrido algunas veces a dividirlos horizontalmente en dos partes: una que es la ventana propiamente dicha, que ajusta contra un travesero, y otra fija o móvil a la que se da el nombre de *montante de sobreventana*. En las ventanas de medio punto el montante empieza un poco por debajo del arranque del

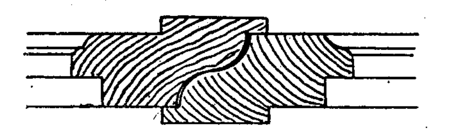


Fig. 1339.—Sección horizontal de una ventana: juntura de las dos hojas.



Fig. 1340. Baquetón.

arco, de modo que todas las líneas curvas abracen, por lo menos, una semicircunferencia.

Las *puertas-vidrieras* se diferencian de las ventanas: en primer lugar, por la juntura de las hojas que no se efectúa por el sistema de la figura 1338, sino adoptando el de la 1339; además, en su parte inferior, el antepecho se substituye por un tablero.

Diversas clases de ventanas.— *Ventanas de baquetones* (figura 1341) para vidrios pequeños, que convienen para talleres, casas de alquiler y para las fachadas que dan a los patios.

Ventanas para vidrios grandes o *de lunas,* que tienen sólo un baquetón a la altura de la barandilla y que se usan en las fachadas principales (fig. 1342).

Ventanas dobles, muy empleadas en Alemania, Austria y, en general, en todos los países fríos: se componen de dos ventanas ordi-

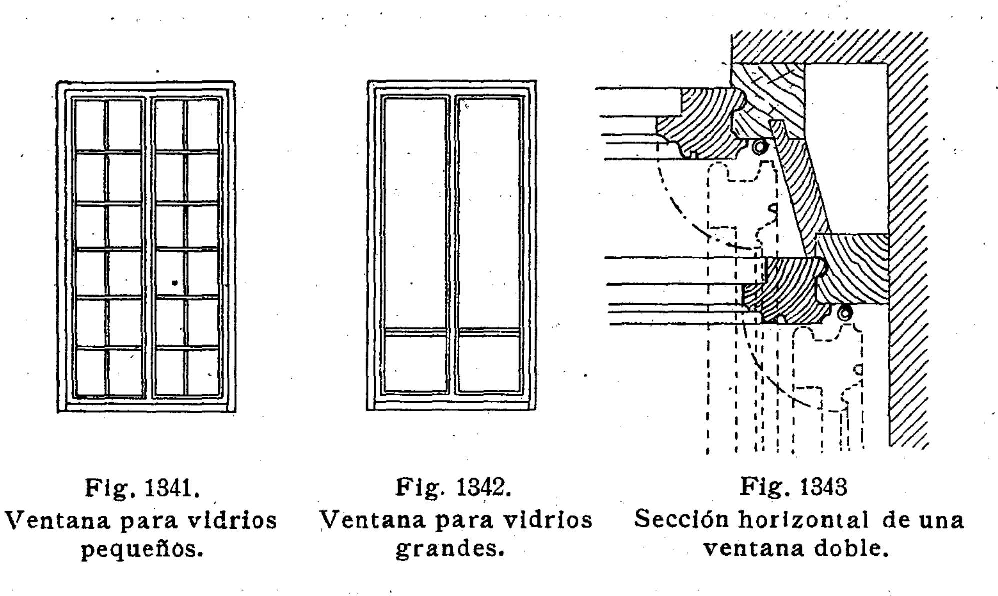


Fig. 1341. Ventana para vidrios pequeños.

Fig. 1342. Ventana para vidrios grandes.

Fig. 1343 Sección horizontal de una ventana doble.

narias, pero de dimensiones diferentes para que la ventana exterior se abra por completo dentro de la interior (fig. 1343).

Ventanas de correderas o *de guillotina,* que se abren por medio de un movimiento de traslación vertical: son muy usadas en Inglaterra, en los Estados Unidos, en el norte de Alemania, etc., y se componen de dos bastidores, el superior fijo y el inferior móvil; estos bastidores son exactamente del mismo tamaño, de modo que cuando la ventana está completamente abierta, el uno está recubierto por el otro. La corredera se fija directamente al cerco (algunas veces se labra en el mismo) y abraza toda altura de la ventana, llevando en la parte superior una poleíta, por la que pasa una cuerda para sostener el contrapeso destinado a equilibrar el bastidor móvil. Se emplean dos contrapesos, a los que se da algo más de peso que al bastidor, para que este último suba sin esfuerzo. Es preferible, tal vez, la disposición en que las dos cuerdas van a parar a un contrapeso único, pues su funcionamiento es más seguro y menos expuesto

a que se atasque el bastidor, como pasa a menudo con el sistema de dos contrapesos cuando uno de éstos, por cualquier motivo, deja de actuar. De todos modos, las ventanas de guillotina son poco prácticas y peligrosas en caso de rotura de las cuerdas; además, la abertura está reducida forzosamente a la mitad del vano y el cierre es siempre imperfecto.

Ventanas de báscula: estas ventanas tienen un movimiento alrededor de un eje horizontal (fig. 1327). El cerco lleva en la parte superior un rebajo interior y otro al revés en la parte inferior. Estas ventanas, casi siempre colocadas a cierta altura, se cierran por un picaporte, pero, para lograr un cierre perfecto, es preciso colocar el eje de rotación algo más alto que el centro de la ventana, o colocar en aquél un contrapeso; entonces, se cierra el bastidor con fuerza bastante para que el picaporte penetre en su armella.

Mezzaninas: son ventanas pequeñas, ordinariamente apaisadas, pero la palabra se aplica más bien a la arquitectura propiamente dicha que a la obra de carpintería.

Revestimientos de los derrames. — Cuando los muros tienen mucho espesor, la obra de madera que constituye la ventana se encuentra a cierta distancia del paramento interior del muro y quedan dos superficies, contra las cuales se abren las hojas de la

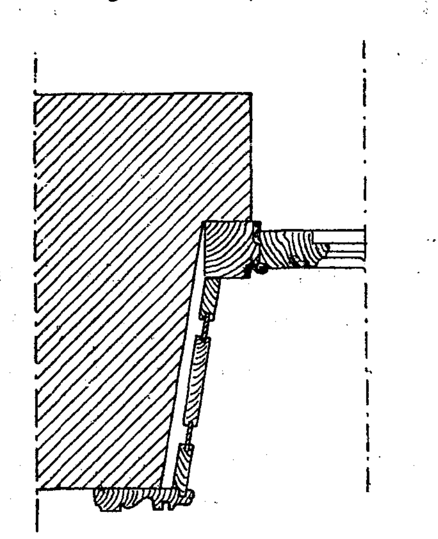


Fig. 1344.
Revestimiento de los derrames de una ventana.

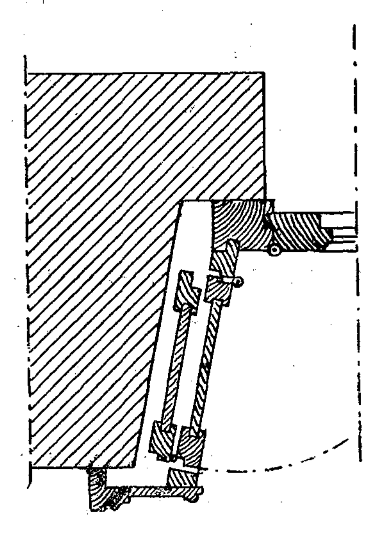


Fig. 1345.
Disposición para alojar en los derrames las contraventanas.

ventana. Estas dos superficies se llaman *derrames* y se labran perpendicularmente al paramento o con cierta oblicuidad, lo que es preferible, puesto que así las hojas de la ventana pueden abrirse más allá de la posición perpendicular al paramento, resultando más cómodo el acceso a la ventana. Los derrames algunas veces se pintan y otras se empapelan, pero en ocasiones se revisten de madera mediante un bastidor con tableros (fig. 1344), bordeándose además el contorno del vano por un recuadro en forma de jambaje.

Ensanchando el derrame, se obtiene el sitio necesario para alojar las hojas que constituyen los cierres o contraventanas (fig. 1345) cuando éstas son interiores.

Contraventanas. — Las contraventanas son hojas de madera (figura 1346) compuestas de largueros, traveseros y tableros, y pueden ser interiores y exteriores; en este segundo caso, se construyen completamente de roble. Generalmente, se emplean maderas de 34 mm de grueso para el bastidor y de 27 para los tableros.

Los herrajes necesarios son: bisagras de saliente variable, para permitir la formación del paquete, y una barra para asegurar el cierre.

Persianas. — Las persianas son: contraventanas caladas que dejan pasar, dentro de ciertos límites, la luz y el aire. Son casi

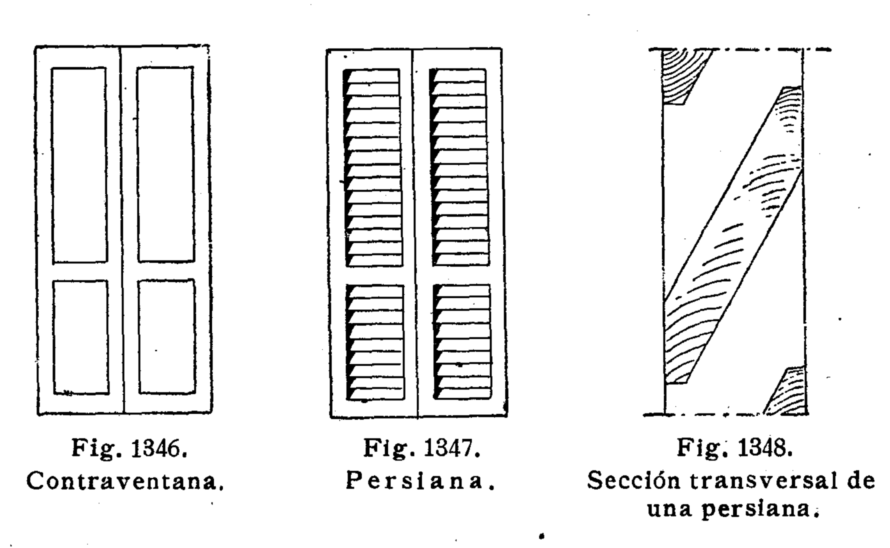


Fig. 1346. Contraventana. Fig. 1347. Persiana. Fig. 1348. Sección transversal de una persiana.

siempre de dos hojas y se abren hacia afuera: también se hacen de varias hojas, que se repliegan sobre el derrame, pero el paquete formado es voluminoso, prefiriéndose entonces emplear persianas metálicas.

Los dos largueros y los traveseros que forman su bastidor se ensamblan a caja y espiga y su escuadría oscila entre $8 \times 3{,}4$ y $11 \times 3{,}4$ cm.

Las tablillas que rellenan el hueco del bastidor son de madera de 9 a 11 mm de espesor y sus bordes enrasan con las superficies interior y exterior de las hojas (fig. 1348). Estas tablillas se disponen diagonalmente para dar paso a la luz, formando un ángulo de 45°; su separación se regula de modo que la parte inferior de una tablilla y la superior de la contigua estén sobre la misma línea horizontal. A veces, se construyen con cierto número de tablillas móviles, bien colocando un bastidor móvil en la persiana, o bien montando con espigas dichas tablillas que se accionan por medio de una varilla enganchada a cada una de ellas.

Herrajes de las persianas de madera.—Las contraventanas y las persianas requieren, en general, los herrajes siguientes: 6 pernios (figura 1349); 2 topes de punta o de cola de carpa, según los casos (figs. 1350 y 1351); un pasador de resorte (fig. 1352); una aldabilla con hembrilla (fig. 1353) y, por último, 2 golpetes con armella (figura 1354).

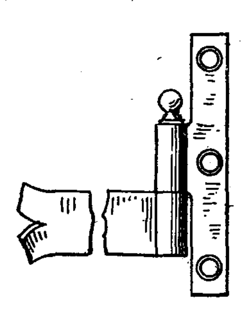
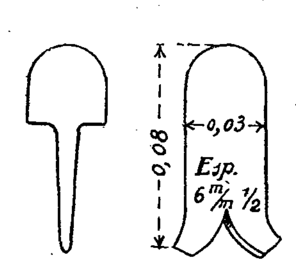


Fig. 1349.
Pernio.



Figs. 1350 y 1351.
Topes.

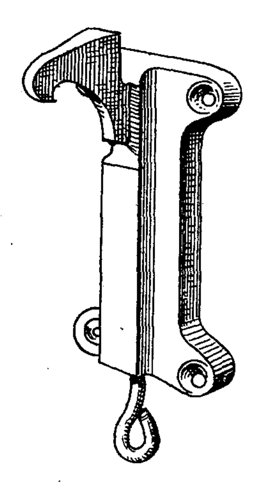


Fig. 1352.—Pasador de resorte, para persiana.

Cierres de madera para las tiendas.—Los antiguos cierres de madera, hoy casi abandonados, eran de dos clases.

Primeramente, el *cierre* compuesto *de hojas* (a manera de contraventanas) *portátiles,* de 30 a 50 cm de ancho, según la altura de la portada. Esta dimensión se hacía variar para que el peso de cada hoja no excediese de 8 ó 10 Kg. Ordinariamente, eran de pino de 27 mm de espesor, con marco compuesto de largueros y peinazos de roble, estaban provistas de dos paletones en la parte superior y en la inferior de una pletina con agujero para el paso de un perno con clavija (figura 1355). Este sistema de cierres, cuyos elementos eran pesados y difíles de transportar, exigía además un sitio especial para guardar las hojas, obligaba a cerrar la tienda desde el exterior durante el mal tiempo y constituía un perpetuo riesgo de rotura de lunas.

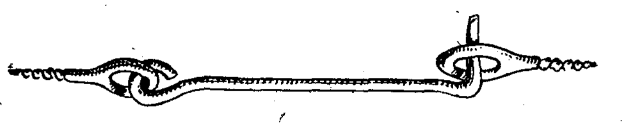


Fig. 1353.
Aldaba con hembrilla, para persianas.

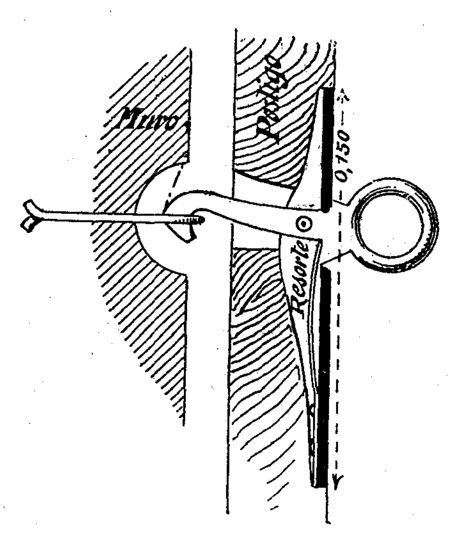


Fig. 1354.
Golpete con armella, para persianas.

El otro sistema de *cierres* de madera, que es un perfeccionamiento del primero, es el de hojas articuladas *formando librillo*

(figura 1356); estos cierres se componen de elementos semejantes a los del sistema anterior, ensamblados entre sí por medio de charnelas colocadas interior y exteriormente, para permitir replegar el cierre

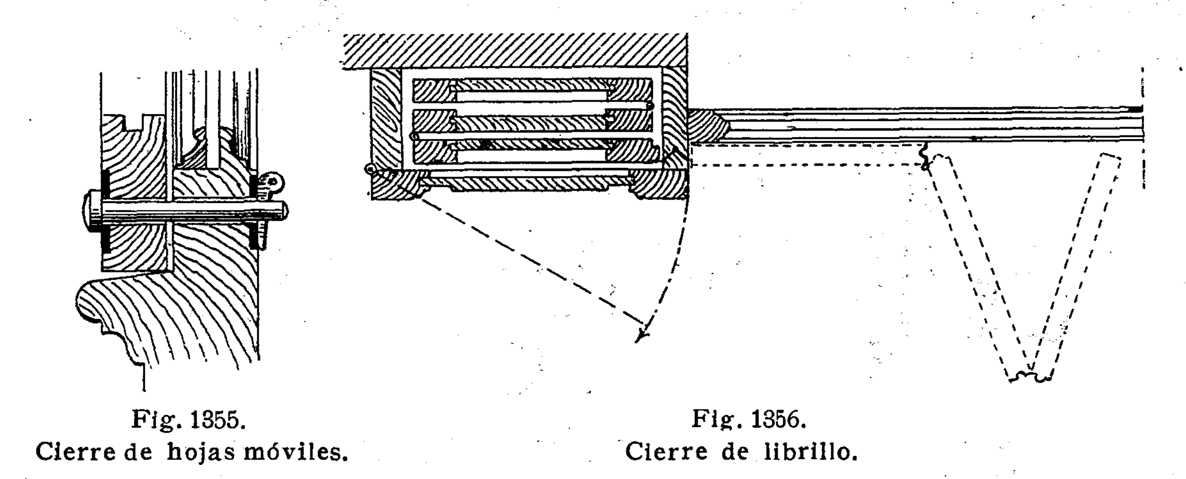


Fig. 1355.
Cierre de hojas móviles.

Fig. 1356.
Cierre de librillo.

en un paquete, como si fuera una persiana. Después de desarrollado el paquete o librillo, para cerrar la tienda, se sujeta con una barra de hierro que abraza todos los elementos y se apoya en cada hoja en un gancho provisto de charnela (cuando se repliega el cierre, este gancho se aloja en una caja preparada ex profeso) fijándose con otro gancho en un lado de la caja y en el otro por un perno con chaveta. Abierta la tienda, el paquete formado por los postigos se repliega en la caja.

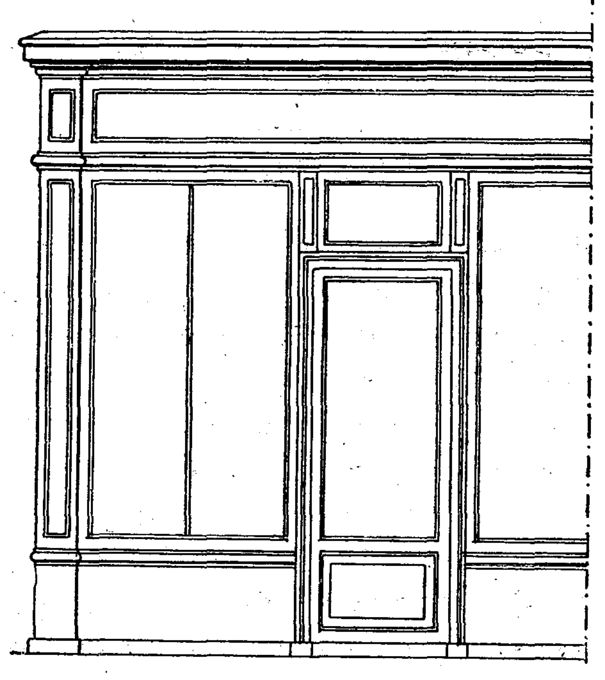


Fig. 1357.—Portada de tienda.

Este sistema, aunque preferible al de hojas portátiles, no deja de tener grandes inconvenientes; exige herrajes muy sólidos y, por lo tanto, costosos; la caja donde se aloja el paquete ha de tener gran anchura, pues el saliente que se permite a los escaparates suele ser muy pequeño, lo que obliga a limitar el número de hojas, de manera que, a menudo, hay que ganar la anchura para el cajón reduciendo el del escaparate.

Aunque esta clase de cierres es ya anticuada, nos ha parecido conveniente recordarla a grandes rasgos con sus defectos, a fin de poder apreciar el progreso que representan los cierres metálicos, que luego estudiaremos.

La figura 1357 muestra una portada de tienda, compuesta de

basamento, parte envidrierada y entablamento; en los extremos, se hallan los *cajones* o cajas donde se guarda el cierre (sea de hojas móviles o de librillo) o que sirve para proteger el mecanismo del cierre metálico.

Los cajones están provistos de bisagras y cerradura; el resto de la portada se fija a la fachada por patillas empotradas; la puerta tiene pernios y lleva un picaporte, cerradura y dos cerrojos.

CIERRES METÁLICOS

Consideraciones generales.—Desde hace mucho tiempo, los constructores se han preocupado de los graves inconvenientes que presenta el empleo de la madera en los edificios. No se puede impedir que la madera, aun seca, se contraiga, pero además resulta que la necesidad de construir de prisa, y sobre todo económicamente, obliga a emplear maderas imperfectamente secas. De ahí que, en general, resulten obras de carpintería defectuosas, que se deforman en todos sentidos bajo la influencia de las variaciones atmosféricas, lo que obliga a dar cierto juego a las piezas, de modo que bien pronto el cierre deja de serlo, pues el aire pasa con absoluta libertad por las innumerables fisuras que produce la contracción de la madera.

Estos inconvenientes han inducido a los constructores a reemplazar la madera por el hierro. En nuestros climas, la máxima dilatación lineal del hierro es de un milímetro por metro, aproximadamente, de modo que para una ventana de un metro de ancho no hay que temer un juego mayor de un milímetro, mientras que en una ventana de madera la contracción llega algunas veces a diez milímetros.

Sin embargo, la construcción metálica no ha reemplazado todavía a la carpintería de taller, por su mayor coste, pues se prefiere la economía inmediata que presenta el empleo de la madera a las ventajas que resultarían—en cuanto a resistencia y buen cierre—de la primera. De todos modos, como no hemos de tener en cuenta solamente el precio de coste sino que nos proponemos, especialmente, estudiar los procedimientos mejores de edificación, vamos a examinar algunas de estas construcciones metálicas.

Persianas de hierro.—Las persianas de madera que se repliegan sobre la fachada presentan el grave inconveniente de ensuciar muy pronto el sitio que ocupan; la lluvia y el polvo pasan entre las tablillas y dejan la huella de la persiana sobre el paramento. Además, estas persianas son muy pesadas y los goznes resultan muy cargados, sobre todo durante grandes vendavales si se ha olvidado echar los golpetes. Abiertas, ofrecían muy mal efecto en el conjunto de la

fachada. Ya hemos dicho que se repliegan hacia el exterior, pero esto no conviene sino en vanos pequeños; pasando de ciertas dimensiones, no quedaba más remedio que prescindir de las persianas, o

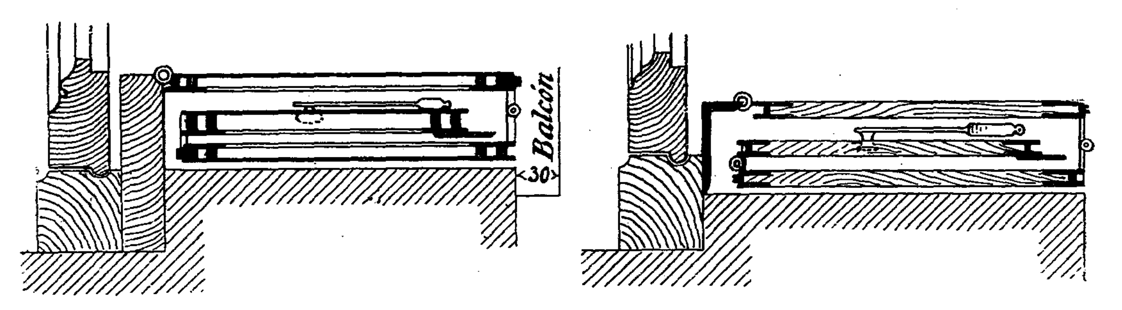


Fig. 1358.
Persiana de hierro con cerco de madera.

Fig. 1359.
Persiana de hierro y madera con cerco de hierro.

recurrir a las de librillo replegadas contra el telar, donde forman un paquete muy voluminoso y de mal aspecto.

Esta dificultad la solventan las persianas de hierro que se fabrican en la actualidad, las cuales se alojan en el telar y se suspenden en cercos de madera (fig. 1358), o de hierros angulares (fig. 1359). También puede disponerse el cerco metálico (de hierros planos o angulares) en el borde exterior del telar (figs. 1360 y 1361).

Estas persianas no disminuyen la luz del vano más que 8, 11 ó 14 cm, según que se trate de 4, 6 u 8 hojas, debiéndose aumentar 3 cm (1,5 a cada lado) por cada par de hojas más; así, para diez hojas se tendrá: $14 + 3 = 17$ cm, lo cual representa un cerco que sobresale 8,5 cm del telar. Este inconveniente se evita casi completamente con la disposición de la figura 1361.

También se fabrican persianas mixtas de madera y hierro; las tablillas son de encina o de pino melis y se fijan como las precedentes, sobre cercos de madera o metálicos. El sitio que ocupan es

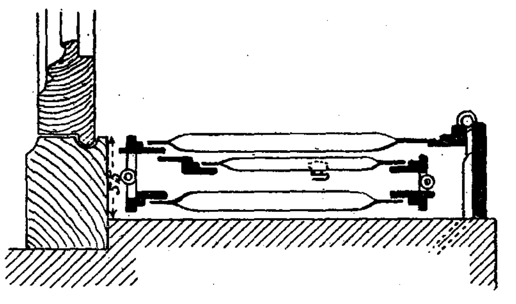


Fig. 1360.
Persiana de hierro fijada en el borde del telar.

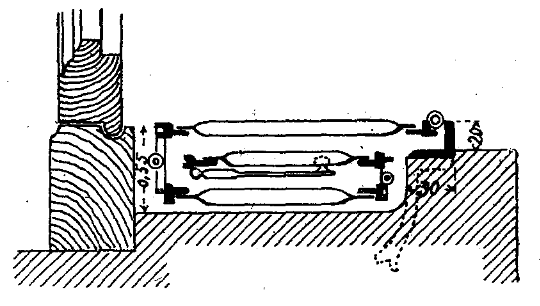


Fig. 1361.
Persiana de hierro alojada en el telar.

algo mayor, pues requieren a cada lado 5 cm las de 4 hojas, 7 cm las de 6 hojas, 9 cm las de 8 hojas y otros 2 cm por cada par más de hojas.

Se comprende que para evitar persianas de muchas hojas — lo que siempre aumenta el coste—conviene que el telar tenga la mayor

dimensión posible y, cuando ésta no pueda rebasar cierto límite, emplear el cerco metálico fijado al de la ventana, lo que permite darle al telar 3 cm menos que fijando las persianas a un cerco colocado en el borde exterior del telar.

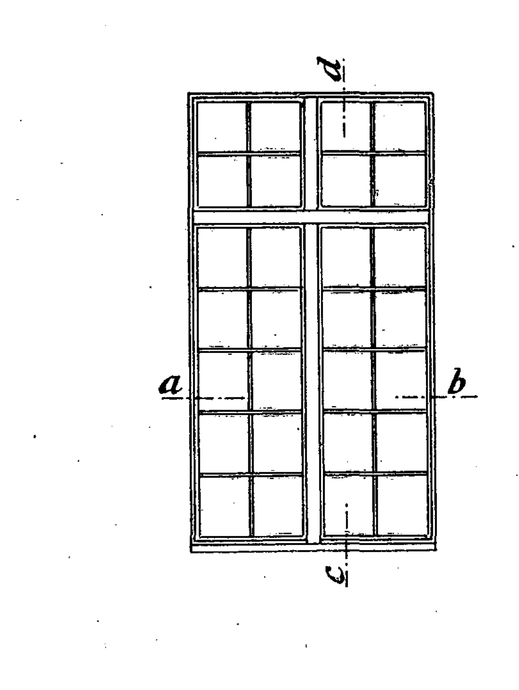
También se hacen persianas de láminas móviles (figura 1362) que tienen las mismas ventajas que las celosías, es decir, que las láminas articuladas pueden inclinarse según un ángulo cualquiera y permiten obtener un cierre completo o el máximo de iluminación.

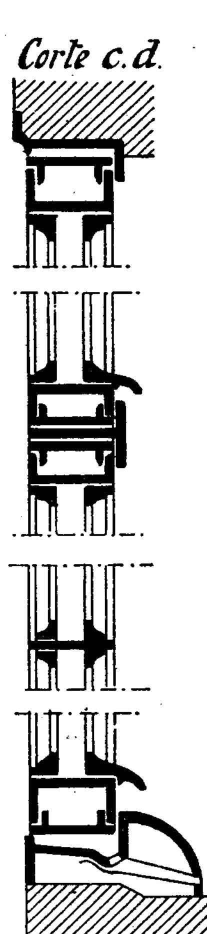
Fig. 1362. Persiana de tablillas móviles.

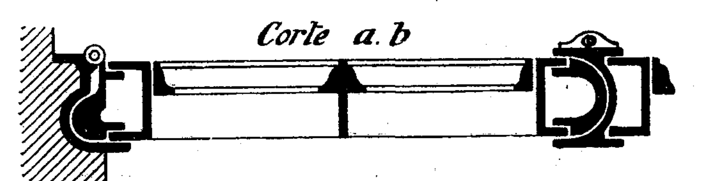
Ventanas completamente metálicas.—No pudiendo pasar revista a todos los sistemas, elegiremos como ejemplo el de Mazellet.

Este constructor emplea una serie de hierros especiales que se prestan a todas las combinaciones para ventanas, grandes vidrieras, etc., tanto en superficie plana como curva. La poca anchura de los hierros permite obtener una superficie de iluminación máxima y, como que la dilatación es casi nula, proporcionan un cierre perfecto.

El ejemplo de las figuras 1363 a 1365 muestra una ventana con montante de sobre-







Figs. 1363 a 1365. — Ventana metálica sistema *Mazellet*.

ventana (véase página 453); en ellas pueden verse los diferentes detalles de construcción.

Clasificación de los cierres metálicos de tiendas.—Antes se han enumerado (página 457) los inconvenientes de los cierres de madera para las tiendas. Su substitución por los cierres metálicos es relativamente moderna. Los sistemas de cremallera, de tornillo y de cadena, con los perfeccionamientos correspondientes, son los más generalmente empleados, además de los cierres de palastro ondulado llamados ingleses.

Atendiendo exclusivamente al cierre, se pueden admitir tres clases: *cierres de láminas* de palastro que deslizan unas contra otras; *cierres ondulados* de una sola pieza; *cierres* formados por elementos *articulados*.

Cierres de láminas. CIERRE MAILLARD.—Por orden de antigüedad, nos encontramos primeramente con el cierre sistema Maillard, compuesto de láminas horizontales reforzadas en sus bordes con hierros de ángulo. Las láminas deslizan en ranuras dispuestas de modo que cada una se mantiene en el sitio que debe ocupar; empujada por la hoja superior, una lámina cualquiera no puede ser levantada sino después que la inferior ha recorrido cierta carrera, y así sucesivamente, como pasa en las pantallas de las chimeneas.

El movimiento, que es lo que caracteriza a este sistema, lo comunican dos grandes tornillos verticales, colocados en los dos extremos de la portada, reunidos arriba por un eje horizontal mediante engranajes cónicos. La lámina inferior lleva, en cada uno de sus extremos, una tuerca atravesada por el tornillo vertical; uno de éstos es accionado por dos ruedas dentadas cónicas, que se ponen en movimiento por medio de un manubrio; el tornillo mueve la tuerca y transmite el movimiento al eje horizontal y éste al segundo tornillo y tuerca, levantándose la primera lámina. Esta primera lámina, después de una ascensión igual a su ancho, levanta la segunda, la que a su vez levanta la tercera, y así sucesivamente; por último, el grupo formado por la reunión de las láminas va a ocultarse detrás de la muestra de la portada.

Este sistema no ofrece peligro en las maniobras de apertura o de cierre, pues se comprende que el solo peso de las láminas no puede hacer girar los tornillos. Tiene la ventaja, cuando la maniobra es interior, de no necesitar cerrojo para fijarlo en una posición determinada.

En otros sistemas se ha substituído el tornillo por una cadena. En la parte superior, un árbol horizontal lleva dos poleas, que reciben las cadenas; estas cadenas pasan en su parte inferior por otras poleas y se enganchan en la última hoja de palastro; una de las cadenas, puesta en movimiento por una rueda dentada y un tornillo sin fin, transmite su acción a la otra cadena por medio del árbol horizontal, y la hoja inferior levanta las superiores que van a alojarse, todas, detrás de la muestra.

Tendríamos que citar todavía numerosos sistemas, especialmente los que utilizan la presión hidráulica, el aire comprimido o la acción de contrapesos. Se comprende que la idea del contrapeso ha debido imponerse en el espíritu del constructor, pero existía la dificultad de que siendo la hoja inferior la motriz, el peso que se ha de elevar varía a medida que las láminas van replegándose unas después de otras sobre la inferior. Esto era un gran inconveniente, sobre todo en las portadas de mucha altura, donde la maniobra resultaba muy penosa. El contrapeso, excesivo al principio de la ascensión, era luego insuficiente. El problema se planteaba, pues, en esta forma: o fijar el contrapeso a cada una de las láminas del cierre, o accionar sólo la primera hoja, haciendo solidarias todas las demás.

CIERRE CHÉDEVILLE.—El sistema Chédeville responde a todas las exigencias del problema y además presenta la ventaja de una gran aceleración de velocidad.

Como se ha dicho, en los cierres ordinarios de láminas, el esfuerzo necesario para la maniobra aumenta con cada lámina elevada.

El cierre Chédeville (figs. 1366 a 1368) es de láminas de ancho diferente unidas entre sí por rombos articulados, también desiguales, es decir, proporcionales al ancho de las láminas; esta disposición tiene por objeto hacer que la carrera de cada lámina dure el mismo tiempo que la carrera de la lámina inferior. En efecto, en cuanto empieza a subir la lámina inferior por medio de la cadena, las demás lo hacen proporcionalmente por los paralelogramos múltiples del sistema articulado; el contrapeso equilibra siempre la misma carga, puesto que la primera hoja acciona la segunda, la que a su vez acciona la tercera, y así sucesivamente; de modo que el peso permanece constante y sólo el movimiento ascensional va disminuyendo desde la primera hasta la última hoja, puesto que es necesario que la primera recorra, por ejemplo, 2,50 m, mientras que la quinta, en el mismo tiempo, no recorre más que unos 0,40 m. La altura h de la lámina superior se calcula por las fórmulas siguientes:

para 4 hojas $h = \frac{H + 0,44}{4}$ en metros,

para 5 » $h = \frac{H + 0,66}{5}$ » »

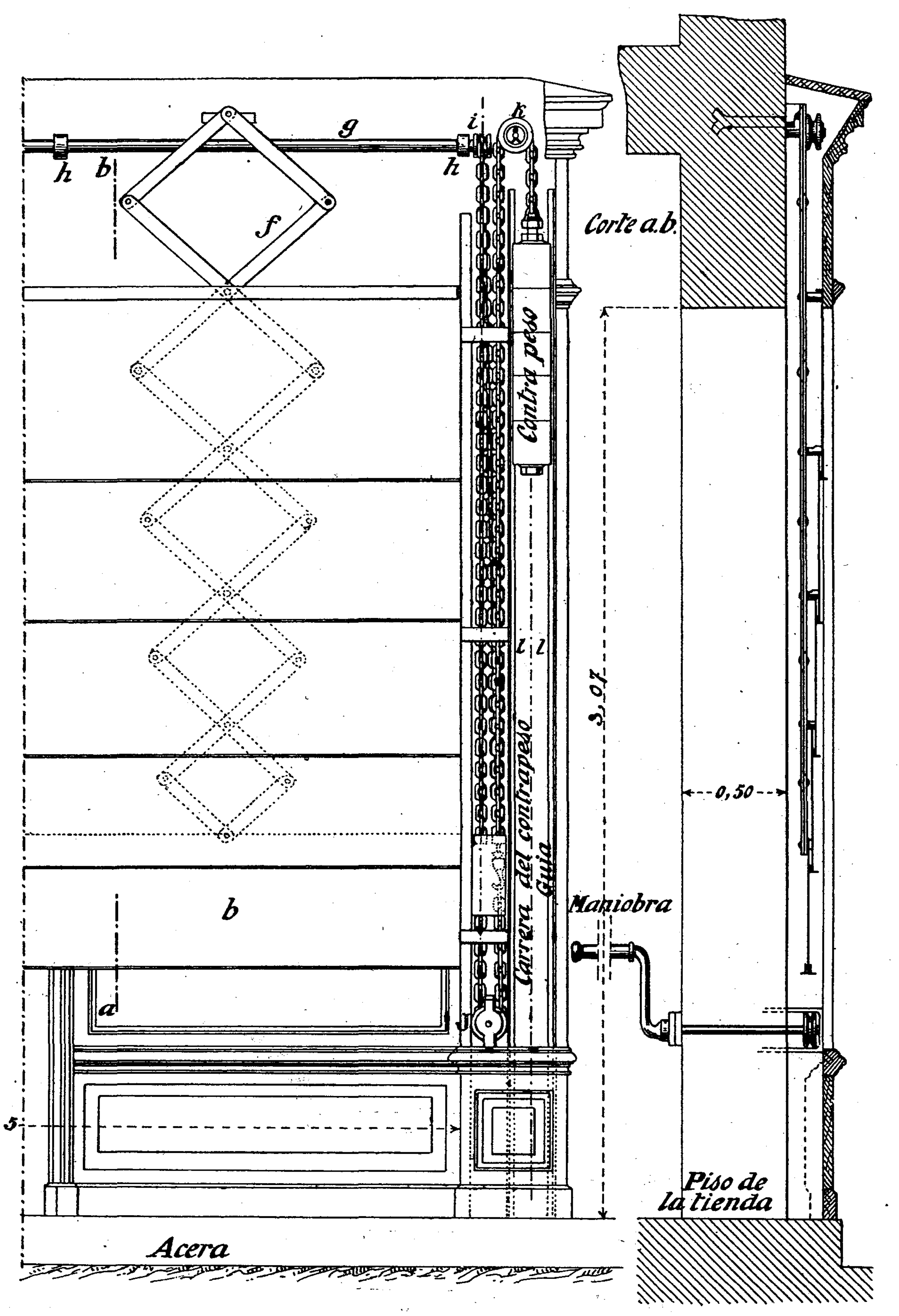
para 6 » $h = \frac{H + 0,90}{6}$ » »

para 7 » $h = \frac{H + 1,19}{7}$ » »

para 8 » $h = \frac{H + 1,52}{8}$ » »

En estas fórmulas, H es la altura total del cierre. La anchura de las hojas varía de 4 en 4 cm; el lado de los rombos disminuye de 25 en 25 mm.

El número de hojas se determina con arreglo a la altura dis-



Figs. 1366 y 1367.—Cierre sistema *Chédeville:* alzado y sección vertical.

ponible para la muestra, detrás de la cual va a ocultarse la lámina mayor.

Ejemplo.—Supongamos que se trata de cerrar una tienda cuya altura libre entre la muestra y el cimacio es de 2,50 m, siendo la de la muestra 0,70 m. Suponiendo cuatro láminas: $h = \frac{2,50 + 0,44}{4} = 0,735$ valor inaceptable, pues la muestra sólo mide 0,70 m; tomando cinco láminas, tendremos: $h = \frac{2.50 + 0,66}{5} = 0,632$. Como las láminas disminuyen de 0,04 en 0,04 m, la segunda tendrá 0,592 m, la tercera 0,552 m, la cuarta 0,512 m, y la quinta 0,472 m; en total, 2,76 m. Si ahora restamos 0,05 m de recubrimiento por cada lámina, tendremos: $2,76 - 4 \times \times 0,05 = 2,56$, o sea la altura que hay que cerrar, más unos 2 mm de juego suplementario por hoja.

Las correderas *a* (fig. 1369) están dispuestas de modo que limiten la carrera descendente de cada hoja, constituyéndolas hierros en forma de ╥, roblonados entre sí. La lámina inferior *b*, que está accionada directamente, sobresale para permitir el amarre de la cadena de maniobra y la del contrapeso; *b* desliza entre el dorso del último hierro en ╥ y el ala de la cantonera *c*.

En las portadas de mucha luz, para evitar la flexión de las láminas, se colocan una o varias guías intermedias *d* (fig. 1370); estas guías están colocadas en los montantes y se componen de un hierro en ╥ cubierto de un hierro plano para formar la ranura, donde desliza la pestaña que forman dos hierros de ángulo ensamblados.

Los rombos *f*, dispuestos como indica la figura 1366, son de acero dulce y van fijados al borde de cada lámina; pueden desmontarse y volverse a colocar, en caso de reparación, sin necesidad de quitar las lunas.

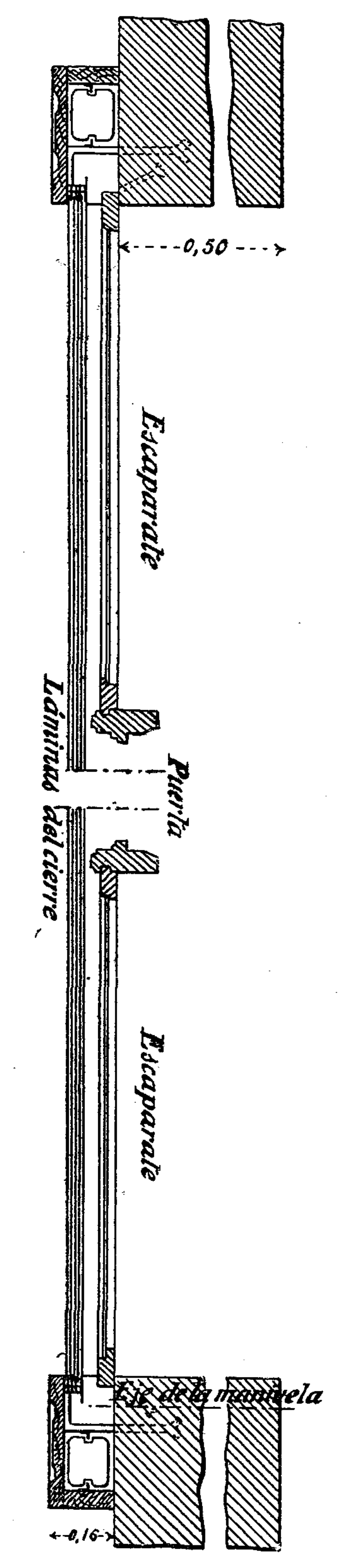


Fig. 1368. — Cierre sistema *Chédeville:* sección horizontal.

El movimiento de este cierre tiene lugar por medio de un árbol horizontal *g* (fig. 1366) colocado debajo de la cornisa y sostenido por palomillas *h*; *g* lleva en cada extremo una polea de garganta *i*, por la cual va a pasar la cadena de maniobra; ésta va fijada a la parte superior de la primera hoja, pasa por la polea superior y por una segunda polea *j* colocada en la parte inferior, cuyo eje de rotación es perpendicular a la fachada y es movida por el manubrio; de allí va a fijarse en la parte inferior de la primera lámina. En el

lado opuesto al de la maniobra, las poleas inferiores y superiores tienen sus ejes en el mismo sentido para que la cadena tenga sus dos ramales paralelos, mientras que, del lado del mecanismo, la cadena tiene una torsión de 90°.

La cadena de cada contrapeso está enganchada al ramal saliente de la lámina inferior, pasa por la polea *k* y desliza guiada por las

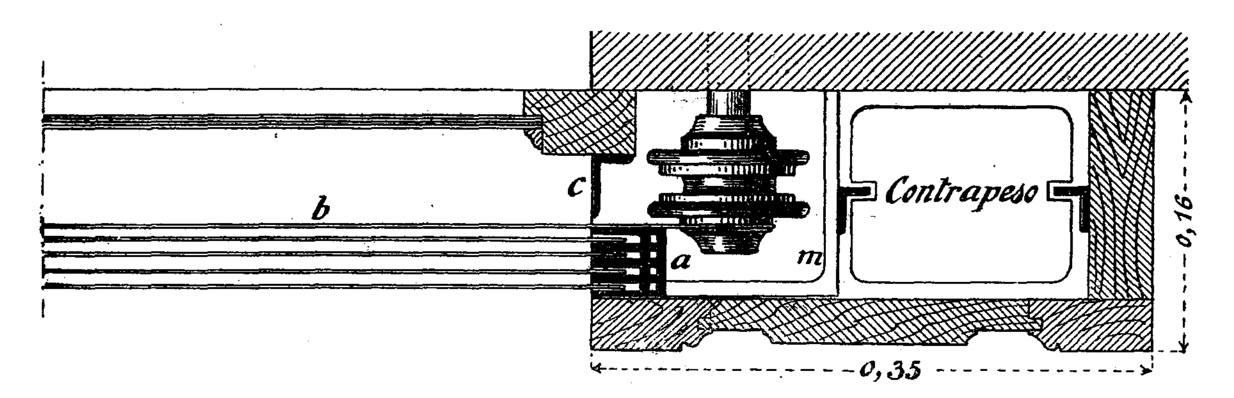


Fig. 1369. — Cierre sistema *Chédeville:* detalle de la caja.

cantoneras *l* (fig. 1366) fijadas, una sobre las paredes del cajón y la otra sobre escuadras de fijación *m* (fig. 1369), que sostienen al mismo tiempo las guías *a* de las láminas.

Este cierre, bien equilibrado por sus contrapesos, no tiene que vencer más que pequeños rozamientos, efectuándose la maniobra —para una altura media—con sólo nueve vueltas de manubrio.

En las tiendas completamente aisladas del inmueble a que pertenecen, es decir, sin acceso desde la portería o patio, es necesario a veces, bien por la ausencia de basamento o por la poca altura de éste, practicar en el cierre un postigo. Éste corta casi enteramente la lámina inferior, es decir, precisamente la sometida a mayor esfuerzo, puesto que debe subir el conjunto del cierre; así resulta que, a pesar del cuidado que ponen los constructores en reforzar la lámina para suplir la porción cortada, con frecuencia se rompe al cabo de poco tiempo. Para remediar este inconveniente, creemos que sería práctico aliviar la lámina inferior en la parte debilitada; por ejemplo, en los sistemas de árbol horizontal se podría fijar a la lámina inferior una cinta metálica flexible que subiera a arrollarse sobre el eje; como que el arrollamiento en bobina cilíndrica presenta el inconveniente de acelerar gradualmente la velocidad—por el aumento progresivo del diámetro de la

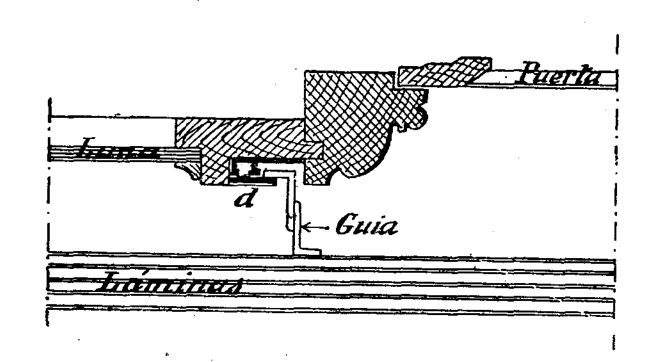
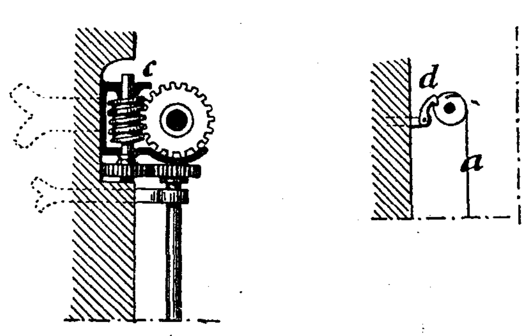


Fig. 1370. — Cierre sistema *Chédeville:* detalle de una guía intermedia.

bobina—podría emplearse un carrete en espiral, lo que produciría para la cinta flexible la misma velocidad que tiene la cadena. En



Figs. 1372 y 1373. — Detalles del cierre *Lazon*.

realidad, ello no sería más que una aplicación del sistema Lazon, del que hablaremos luego.

Cierres Jomain. — En este cierre se imprime el movimiento directamente a un árbol horizontal por medio de otro vertical, que se mueve con el auxilio de un manubrio; el movimiento de éste se transmite al árbol vertical por un tornillo sin fin y una rueda dentada, y aquél, en su parte superior, lo comunica al eje horizontal por un engranaje cónico. Este sistema, como el anterior, es de cadena enganchada en la lámina inferior.

Jomain fabrica también cierres de contrapeso; éste, amarrado en el punto medio del cierre metálico, empieza a trabajar cuando la carga resulta ya muy pesada. Esta disposición tiene la ventaja de dar poca carrera al contrapeso, de modo que éste puede ser alargado requiriendo una caja estrecha.



Fig. 1374. — Detalle del cierre *Lazon*.

Cierre Lazon. —El sistema Lazon se caracteriza por emplear una cinta metálica flexible (fig. 1371) en vez del tornillo y tuerca del cierre Maillard, o de la cadena del cierre Chédeville. El mecanismo consiste en un árbol horizontal b, accionado por medio de un tornillo sin fin c, como se ve en las figuras 1371 y 1372 que, a su

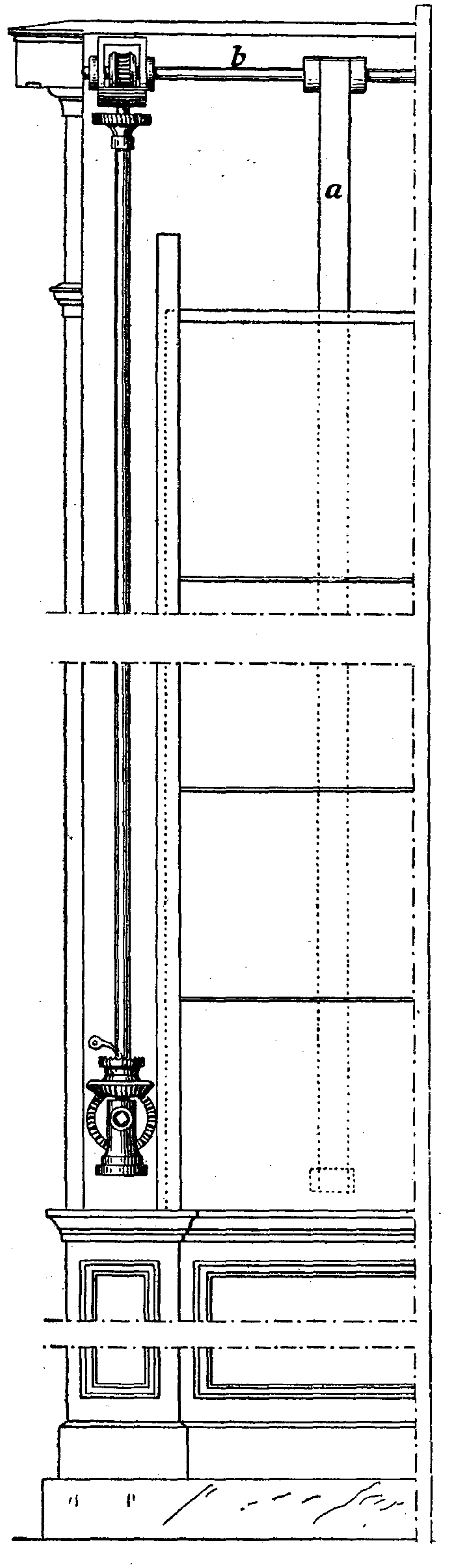
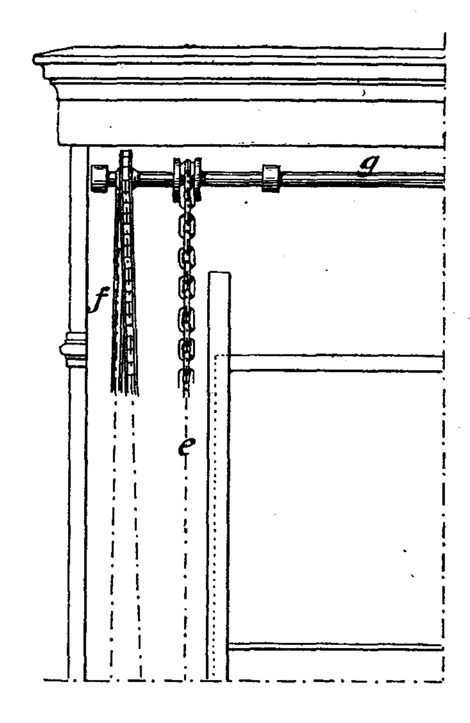
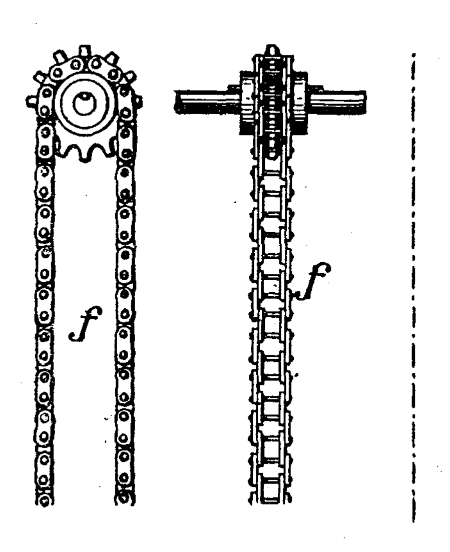


Fig. 1371.
Cierre metálico sistema *Lazon*.

vez, lo es por un par de ruedas cilíndricas, un eje vertical, un engranaje cónico y un manubrio (fig. 1374).

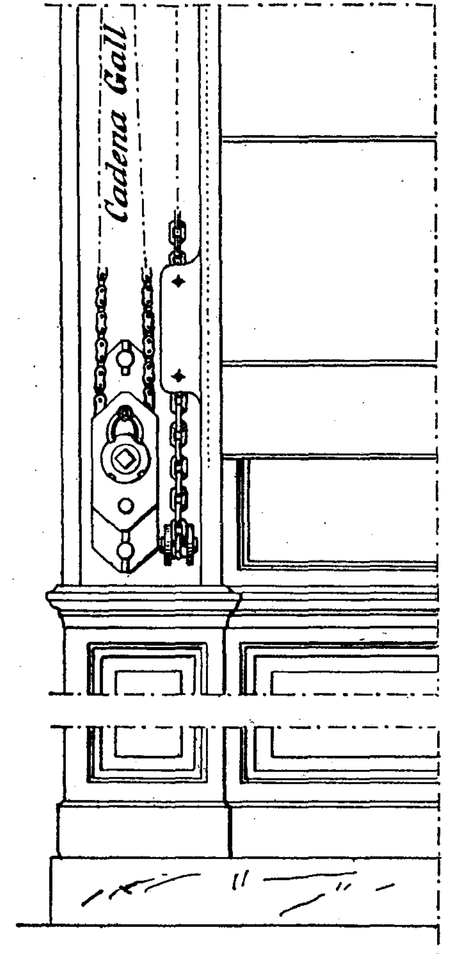
Cuando el cierre está completamente desarrollado, el cilindro sobre





el cual se arrolla la cinta flexible *a* es retenido por un trinquete *d* (figura 1373) que penetra en un rebajo preparado ex profeso.

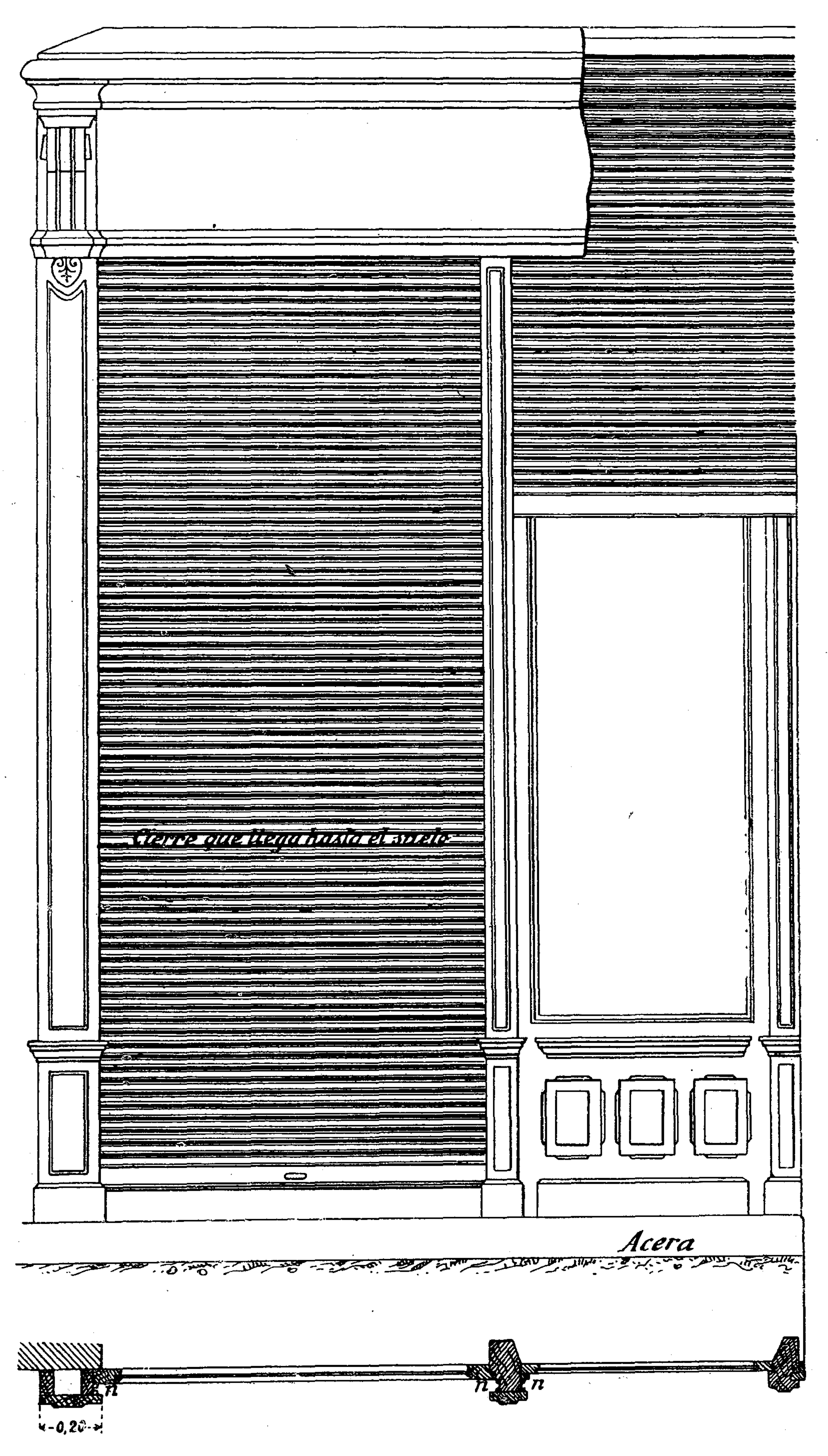
CIERRE BLACHE. — Es también de láminas, cuyo arrastre se hace por medio de cadena ordinaria *e*, pero empleando cadena Gall *f* para transmitir el movimiento al árbol horizontal *g* (figuras 1375 a 1377); esta última cadena tiene la ventaja de que no se alarga, como ocurre con las cadenas ordinarias por la deformación de los eslabones; el mecanismo está provisto de un freno con trinquete de seguridad que impide cualquier accidente.



Figs. 1375 a 1377.
Cierre metálico sistema *Blache*.

Cierres de palastro ondulado. — Estos cierres consisten en una cortina de palastro ondulado que se arrolla por sus dos bordes superiores en dos carretes que contienen fuertes resortes: la maniobra se efectúa sin mecanismo alguno, guiando el cierre únicamente por dos ranuras.

CIERRES JACQUEMET-MESNET. — Como se indica en la figura 1378, los cierres de acero ondulado se hacen preferentemente por partes que no pasen de tres metros



Figs. 1378 y 1379. - Cierre de palastro ondulado, sistema *Jacquemet-Mesnet* (alzado y corte horizontal).

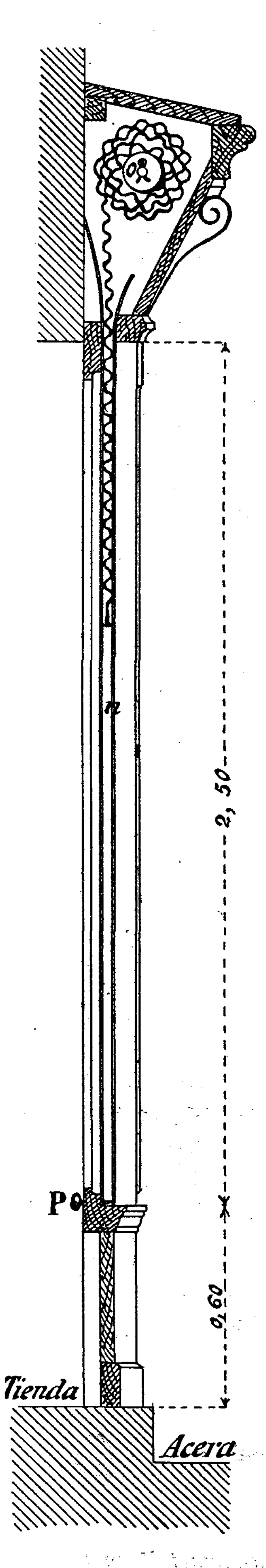
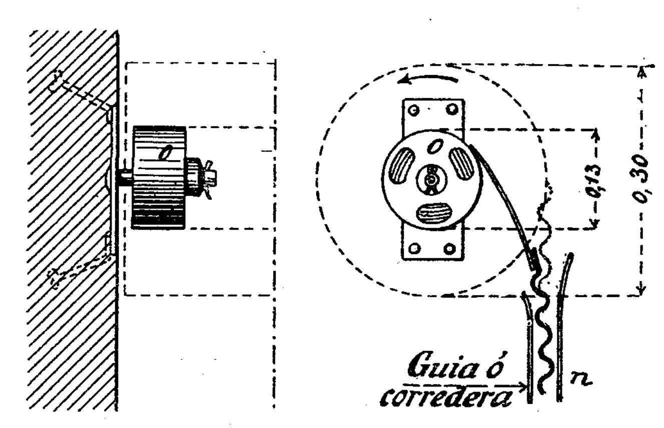


Fig. 1380. — Cierre de palastro ondulado: corte vertical.



Figs. 1381 y 1382.
Cierre de palastro ondulado *Jacquemet-Mesnet:* detalles del carrete.

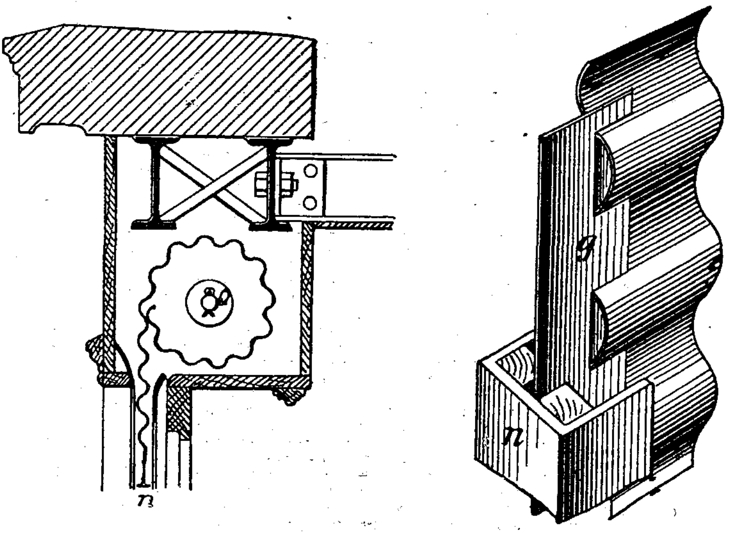


Fig. 1383. — Cierre de palastro ondulado: alojamiento del rollo.

Fig. 1384. — Cierre *Jacquemet-Mesnet:* detalle de las guías.

de ancho, puesto que para anchos mayores no tendría el cierre rigidez suficiente.

Las chapas de acero tienen de 0,3 a 0,5 mm de espesor y los centros de dos ondulaciones opuestas distan 2 cm entre sí, en las hojas llamadas de *ondulaciones pequeñas,* y 4 cm en las de *ondulaciones grandes.* Las ondulaciones están comprendidas entre dos planos paralelos separados 17 ó 18 mm, siendo esta dimensión la que da rigidez al cierre.

Este está reforzado, en el borde inferior, por un hierro plano que termina en un hierro ⊥ colocado con el nervio hacia arriba; el borde de la chapa ondulada queda aprisionado y roblonado entre el hierro plano y uno de mediacaña. Sobre el hierro plano hay un ojo en el que se introduce el gancho, fijado en el extremo de un asta,

para abrir o cerrar la tienda. Un ojo intermedio, colocado a la mitad de la altura del cierre, sirve para iniciar el movimiento ascensional; cuando penetra en el rollo, se engancha el asta en el ojo inferior para acabar de abrir la tienda.

Las guías o correderas *n* (fig. 1379) por donde deslizan los extremos del cierre están formadas por hierros en ⊏, de 30 × 32 mm (espesor de 2,5 mm) que se fijan, según los casos, en la portada de madera, en los pilares de fábrica o en ranuras que existen ya ex profeso en las columnas de fundición.

Como se ve en la figura 1380, inmediatamente debajo del rollo, los hierros en ⊏ han sido hendidos y las dos alas separadas, abocinándolas para permitir la libre introducción del cierre y evitar todo atascamiento por las diversas formas que toma el acero ondulado, a medida que va cambiando de diámetro.

Todo el mecanismo consiste en dos tambores o carretes de fundición *o* que contienen los resortes (figs. 1381 y 1382); dichos tambores giran en gorrones fijados: ya sobre orejas de empotramiento o sobre los montantes de las cajas. Estos cierres son los más económicos de todos los sistemas conocidos, y serían perfectos, si no tuvieran el inconveniente de que el diámetro del rollo exige un sitio considerable, pues necesita:

para 3 m de altura 29 cm de diámetro
» 4 » » » 32 » » »
» 5 » » » 35 » » »
» 6 » » » 40 » » »

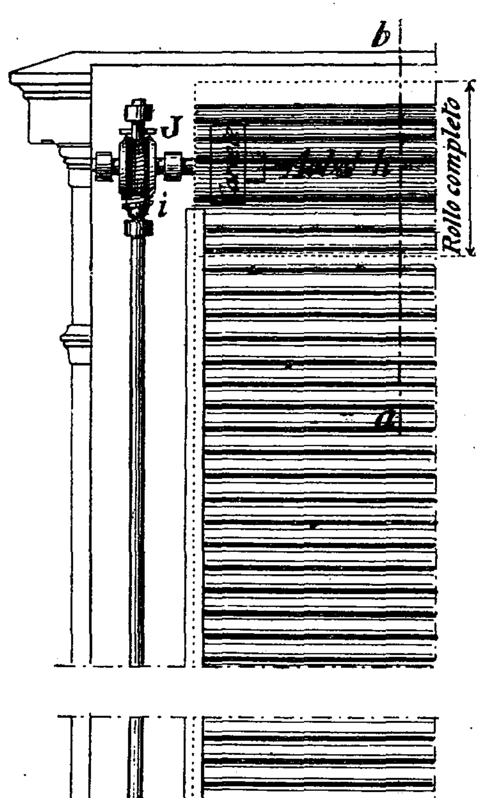
Entonces, hay que dar a la parte superior de la portada la forma que se ve en la figura 1380; en este caso la muestra está inclinada y, por lo tanto, más aparente, lo que hasta cierto punto constituye una compensación.

Esta disposición no puede aplicarse cuando lo impide una cornisa de piedra, por lo que se han buscado otras combinaciones: la figura 1383 indica una solución.

Los carretes o tambores deben colocarse perfectamente a nivel, su eje debe ocupar exactamente el centro del rollo completo. Se debe dejar una separación, entre las placas que soportan los carretes *o*, dos centímetros mayor que la existente entre los fondos de las guías, a fin de obtener el juego necesario para el arrollamiento. Las guías se colocan perfectamente a plomo, teniendo en cuenta lo que acaba de decirse, referente a la separación de las placas de los carretes.

Se levanta, entonces, el cierre arrollado y se encaja su parte inferior en las guías, después se deja que descienda y no queda más que enganchar el acero ondulado en los carretes por medio de tornillos y quitar con precaución las clavijas que mantienen en tensión los

resortes. Lo que precede se aplica a los cierres ondulados en general. Los cierres ondulados ordinarios producen mucho ruido, que procede de la vibración de



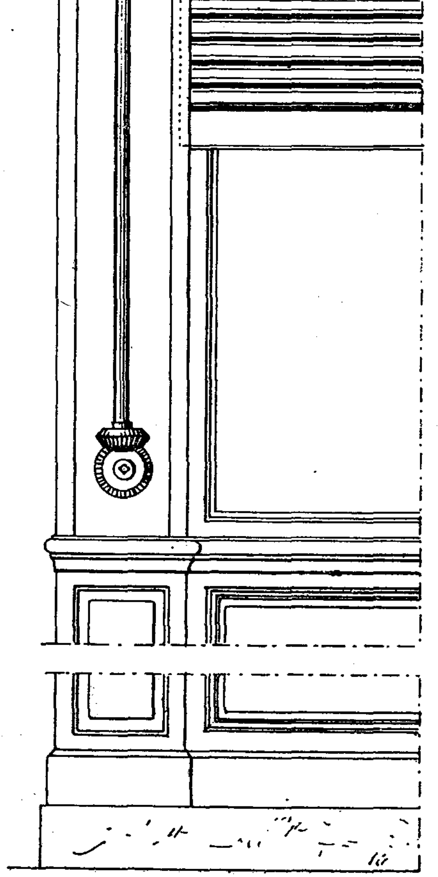
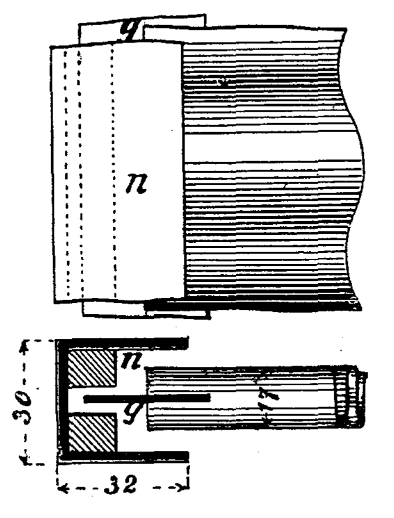


Fig. 1388.
Cierre de palastro ondulado, sistema *Paccard.*



Figs. 1385 y 1386.
Cierre *Jacquemet-Mesnet:* detalles de las guías.

la cortina metálica al rozar con sus

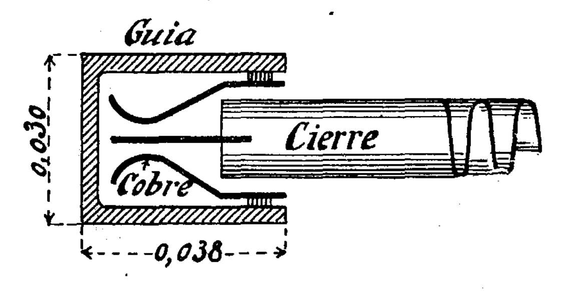


Fig. 1387.
Guía silenciosa *Jacquemet,* para cierres de palastro ondulado.

extremos en las guías de hierro; pero

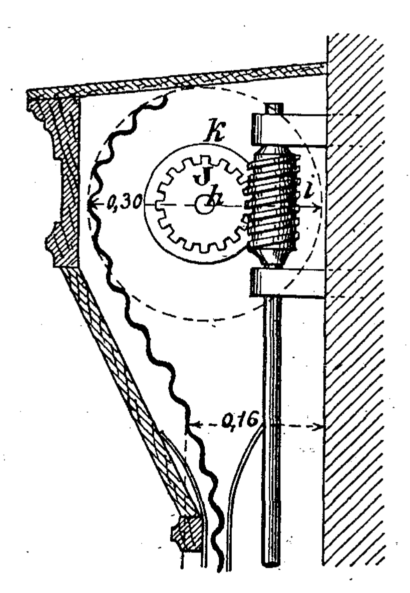


Fig. 1389.
Cierre *Paccard:* mecanismo y alojamiento del rollo.

no es el ruido el único inconveniente, pues el rozamiento en las guías

produce un desgaste que, favorecido por la oxidación, pronto ocasiona mal funcionamiento. El sistema de que estamos tratando es «silencioso» y difiere del corriente en que los bordes están provistos de una lámina flexible *g*, encajada, que desliza entre dos listones de madera que guarnecen la guía, según representa la figura 1384 en perspectiva y las 1385 y 1386 en alzado y planta, respectivamente.

Con esta modificación el cierre es absolutamente silencioso, pero, además, se logran otras ventajas: eliminación de un posible alargamiento de la cortina por aplastarse las ondas, alargamiento que equivale a una expansión de los resortes; posibilidad, por la misma razón, de cerrar de abajo arriba colocando el rollo en el sótano y efectuando el cierre por medio de contrapesos que actúen sobre los resortes sin riesgo de alargar ni deformar la cortina; por último, como el acero ondulado no roza con las guías, no sufre desgaste.

La figura 1387 representa otro sistema de guía silenciosa del mismo constructor.

CIERRE PACCARD. — En él las guías son análogas a las empleadas en los cierres ordinarios de palastro ondulado, pero el motor, en lugar de ser un resorte alojado en el tambor, está constituído por un árbol horizontal *h* (figs. 1388 y 1389) accionado por otro vertical que le transmite el movimiento por medio de un tornillo sin fin *i* y de una rueda dentada *j*. El arrollamiento tiene lugar sobre los carretes *k* fijados en el árbol horizontal.

Este sistema, que representamos aplicado a una tienda, nos parece digno de atención, desde el punto de vista de su aplicación al cierre de vanos con vidrios fijos, pues presenta la ventaja de poder cerrarse desde el interior, y su diámetro, de 30 cm para una portada, podría reducirse considerablemente en el cierre de una ventana.

Cierres de elementos articulados. — Mencionaremos el cierre Noirel, que es del mismo género que los cierres ordinarios de palastro ondulado, en cuanto a las guías y mecanismo (figs. 1390 a 1392). Sólo difiere la cortina, que está compuesta de elementos en forma de **S** (fig. 1392), articulados unos con otros. Es esencialmente flexible y la pequeña sección de sus elementos, que pueden inscribirse en un rectángulo de 16 × 50 mm, permite el empleo de hierros en **⊏** de 25 × 25 mm para las guías, obteniéndose además para un cierre de 2,50 m de altura un rollo de 22 cm de diámetro solamente, en lugar de los 30 cm que necesita la cortina de palastro ondulado.

Para terminar lo referente al estudio de los cierres metálicos de tiendas, indicaremos en las figuras 1393 y 1394 dos secciones diferentes de la muestra (la primera, en el caso de cornisa de fábrica) para cierres metálicos en general; tanto ellos, como las figuras 1366 y siguientes dan suficientes detalles sobre el particular.

Telones de los teatros. — Para los teatros se construyen cuatro clases de telones metálicos: de malla ordinaria, de triple malla, telones de encuadramiento y telones continuos.

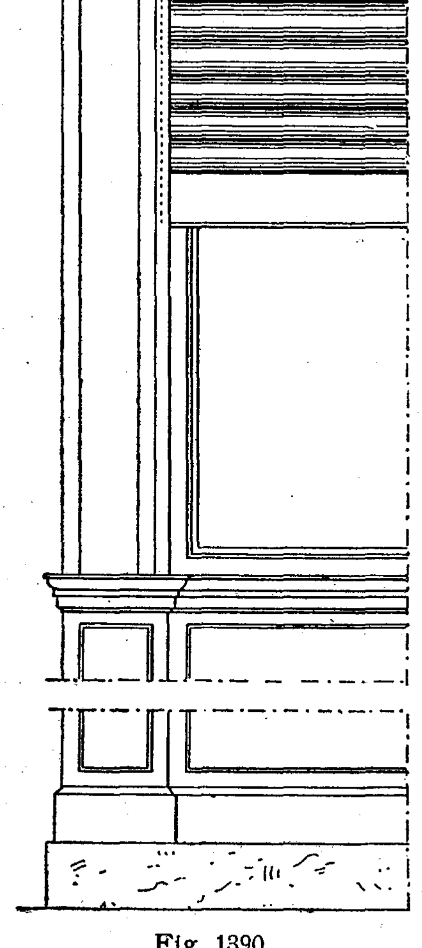
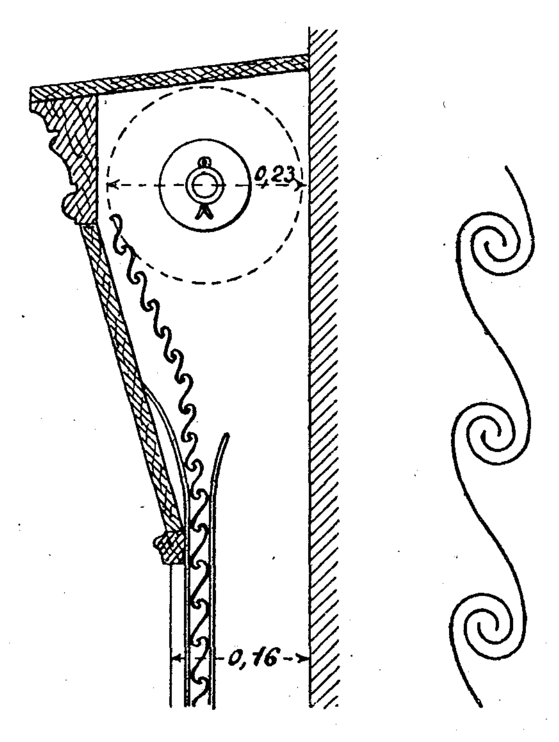


Fig. 1390.
Cierre de elementos articulados, sistema *Noirel.*

El *telón de malla ordinaria* (figura 1395) es el más económico. Consiste en un sencillo cerco de hierros redondos, sobre el cual se extiende un enrejado cuyas mallas varían de 25 a 60 mm. Este telón no obstruye en nada la circulación del aire, ni se opone al paso de las llamas, en el caso de una aspiración o de un empuje de aire enérgicos — como el producido al hundirse una cubierta—y, por otra parte, es demasiado débil para resistir, sin romperse, el choque de una viga o de una vigueta al caer del techo y rebotar contra él.

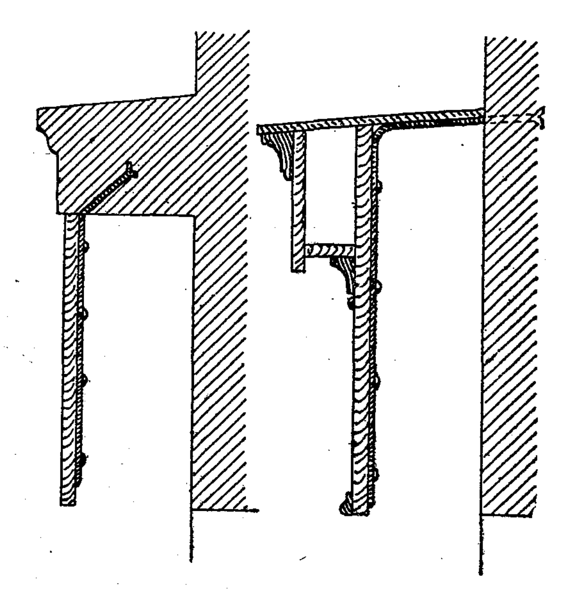
El *telón de triple malla* (fig. 1396) consiste en dos armazones idénticas de hierros de mediacaña, que se yuxtaponen una sobre otra y aprisionan entre sí una gruesa tela metálica con mallas



Figs. 1391 y 1392.
Detalles del cierre *Noirel.*

de 3 mm de lado, protegida por ambas caras con sólidas celosías dispuestas una sobre cada armazón. Este telón, por grande que sea el

empuje del aire, no puede ser atravesado por el fuego, pues sabido es que la llama no atraviesa las telas metálicas finas y que en dicho principio se fundan, precisamente, las lámparas de seguridad que emplean los mineros; además, la doble celosía opone una gran resistencia a los golpes de vigas, escombros, etc.



Figs. 1393 y 1394.
Tipos de sección transversal para puertas de tiendas.

El *telón de encuadramiento* (figura 1397) presenta la disposición del anterior, pero lleva, como complemento, un marco de palastro que tiene por objeto preservar el friso y los montantes de la boca del escenario del efecto demasiado inmediato del calor e impedir que, al nivel del piso del escenario, los escombros incandescentes acumulados ataquen muy rápidamente las mallas y sobre todo provocar una corriente de aire más enérgica en el centro del telón.

El *telón continuo de palastro* se construye de varias maneras: de láminas paralelas que se elevan sucesivamente como en los cierres de tiendas; de palastro ondulado, para arrollar a un gran tambor colocado en la parte alta del escenario; de palastro ordinario u ondulado montado sobre armazones—de hierros de mediacaña o planos—que se maniobran en una o dos partes. Todos estos sistemas son

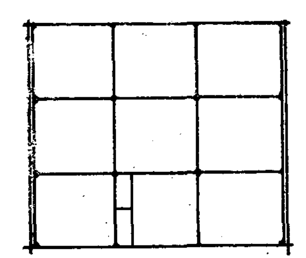


Fig. 1395.—Telón metálico de malla ordinaria.

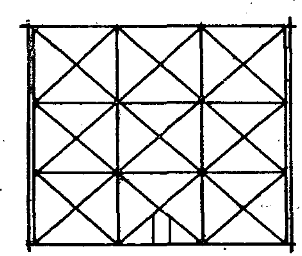


Fig. 1396.—Telón metálico de triple malla.

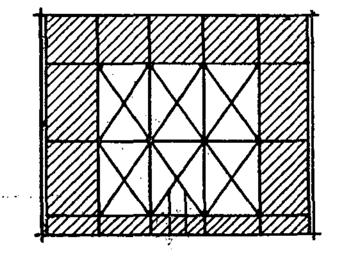


Fig. 1397.—Telón metálico de encuadramiento.

poco practicables por su peso excesivo; su utilidad principal, que es impedir que el humo y los gases invadan la sala, no ha podido comprobarse todavía.

Algunos constructores, cuya competencia reconocemos, no son partidarios de los telones llenos. Sin embargo, apenas se construyen de otra clase en la actualidad, y nosotros—que casi no pedimos al telón metálico más que retardar o calmar el pánico, es decir, una protección moral—creemos que es preferible el telón lleno, pues

evita la visión inmediata del escenario incendiado que permiten los telones calados.

Generalmente, se suspenden los telones metálicos por cuerdas de cáñamo, dispuestas como indica la figura 1398. El bastidor está guiado, lateralmente, por dos varillas de hierro redondo de unos 30 mm de diámetro. Los telones llenos están a veces equilibrados y provistos de un torno. En varios teatros se han empleado sistemas hidráulicos, semejantes a los que mueven los ascensores.

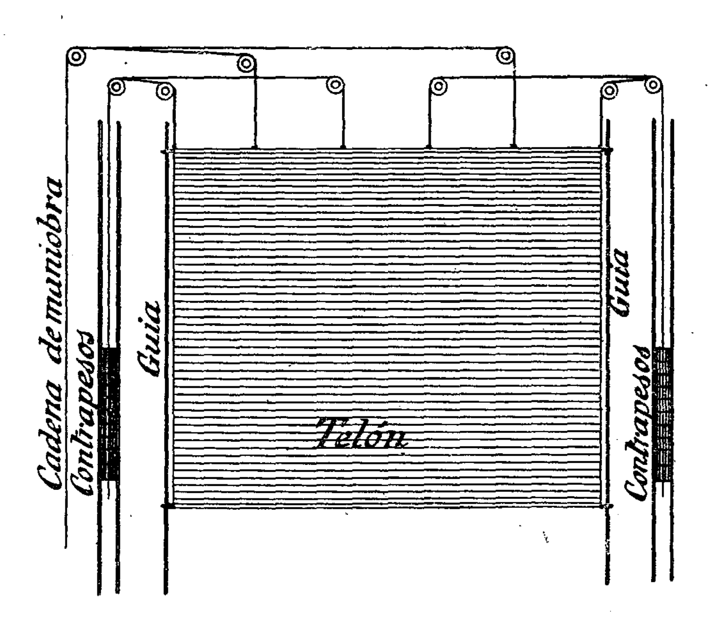


Fig. 1398.—Telón metálico lleno.

ENTARIMADOS

Estructura y clasificación de los entarimados. — Se llama entarimado un conjunto de piezas ensambladas de madera, de pequeño espesor, destinado a servir de revestimiento al suelo de una habitación o de un edificio cualquiera.

Importa establecer inmediatamente la diferencia entre las palabras *entarimado* y *entablado* que se emplean muy a menudo confundiéndolas. Un entarimado está compuesto de piezas estrechas (que no pasan de 11 cm de ancho) ensambladas entre sí, a ranura y lengüetas (figura 1399). Un entablado se construye, sencillamente, con tablas adosadas (fig. 1400); estas tablas son siempre de bastante anchura,

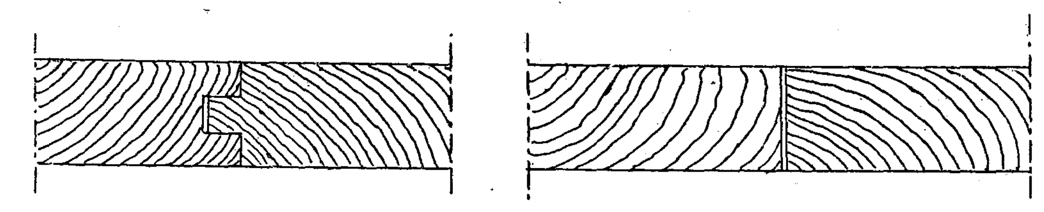


Fig. 1399.—Entarimado. Fig. 1400.—Entablado.

lo menos 22 cm, y suelen clavarse directamente sobre las viguetas de madera; este género de revestimiento conviene, sobre todo, para graneros y construcciones económicas, por lo cual suele ser de pino.

Los entarimados se hacen de pino, de melis o de encina; también se emplean otras maderas, según los recursos de las localidades y el lujo de la construcción. Se hacen con listones de 6 a 11 cm de ancho, por 27 a 34 mm de espesor, pero, en la generalidad de los casos, no suele pasarse de una pulgada.

Por la manera de disponer los listones, los entarimados toman

distintos nombres: *a la inglesa, de punto de Hungría, a la francesa, de juntas alternadas* y, por último, *de taracea* o *cuarterones,* que comprenden numerosas combinaciones.

Colocación de los rastreles o durmientes.—En las construcciones económicas, cuando el suelo propiamente dicho está compuesto de viguetas de madera, se tiene cuidado de colocar estas últimas a nivel para poder clavar directamente en ellas el entarimado, sin necesidad de durmientes, como se ve en la figura 1401. Pero en los demás casos se emplean rastreles o durmientes.

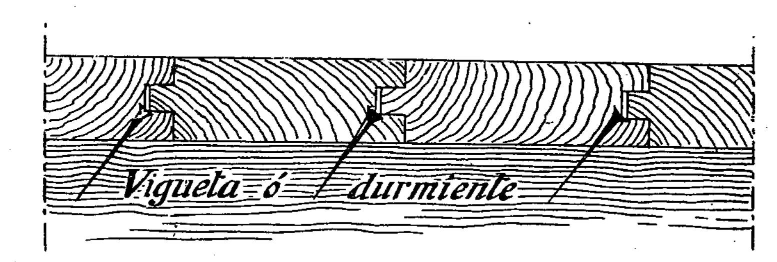
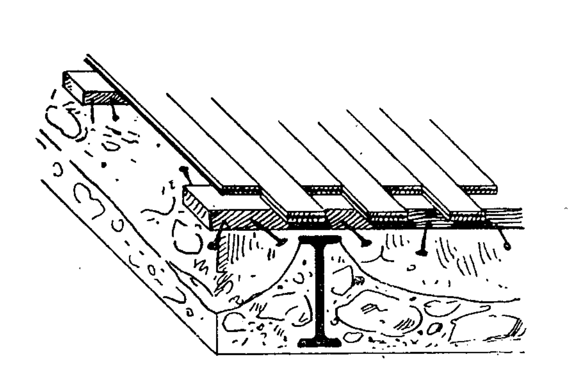


Fig. 1401.—Clavado de los listones.

Los rastreles son piezas de madera que se colocan encima de las viguetas y sobre las cuales se clava el entarimado. Cuando las viguetas son de madera, los rastreles se clavan sobre ellas, nivelándolos por medio de calzos. Si las viguetas son de hierro, los rastreles — erizados de clavos de barquilla — se nivelan y empotran, con cascote y yeso, en el forjado del piso (fig. 1402). Los rastreles tienen ordinariamente 8 × 3,4 cm de escuadría.

Hemos de llamar la atención sobre la distribución de los clavos de barquilla: en un trabajo mal hecho y no vigilado, es frecuente que un rastrel no tenga, en una longitud de un metro, más que tres y tal vez dos clavos de barquilla mal clavados, por toda fijación al forjado (pues no puede contarse con la adherencia de la madera al yeso toda vez que, al secarse, se contrae despegándose). Entonces, si el claveteado del entarimado está bien hecho, éste retiene en su sitio al rastrel durante cierto tiempo, pero, si se moja la madera, se levanta todo el conjunto y hay que rehacer por completo el trabajo.


Fig. 1402.—Entarimado sobre rastreles.

Aconsejamos, pues, que se acribillen de clavos de barquilla los rastreles, colocándolos, cuando más, a 20 cm de distancia entre sí, y alternándolos en cada cara.

Entarimado a la inglesa. — Este entarimado está compuesto de listones de 8 a 11 cm de ancho, clavados sobre rastreles; estos listones se ensamblan entre sí, a ranura y lengüeta, por los cuatro costados, para que las juntas que caigan entre dos durmientes queden

bien hechas y los listones bien empalmados (fig. 1403). También se hace este entarimado disponiendo los listones de modo que las juntas caigan en el eje de los rastreles (fig. 1402).

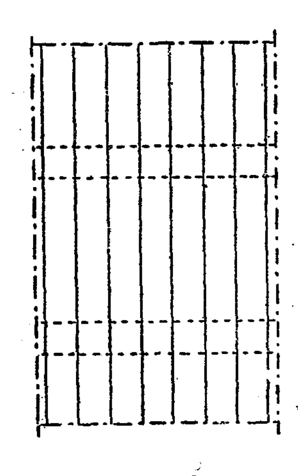


Fig. 1403.
Entarimado a la inglesa.

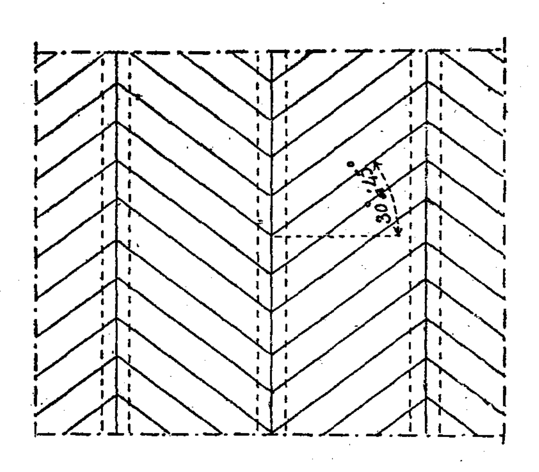


Fig. 1404.
Entarimado de punto de Hungría.

Los listones se fijan a los rastreles por medio de clavos que pasan por la ranura y se alojan en el rastrel (fig. 1401).

Entarimado de punto de Hungría.—Este entarimado (fig. 1404) se hace por secciones de ancho cualquiera, desde 30 hasta 50 cm de separación entre rastreles, con listones de 6 a 11 cm de ancho. El ángulo varía entre 30 y 45°; es conveniente elegir un ángulo inferior a 45° porque la contracción de la madera se hace tanto más

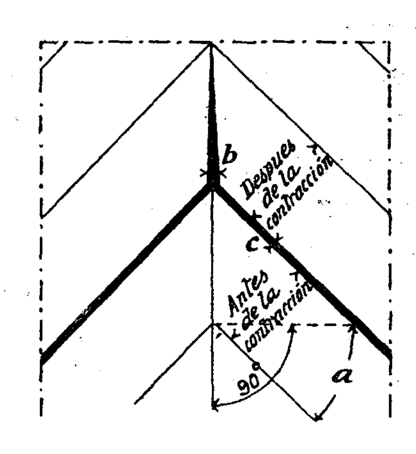


Fig. 1405.
Influencia del ángulo a en los defectos debidos a la contracción de la madera.

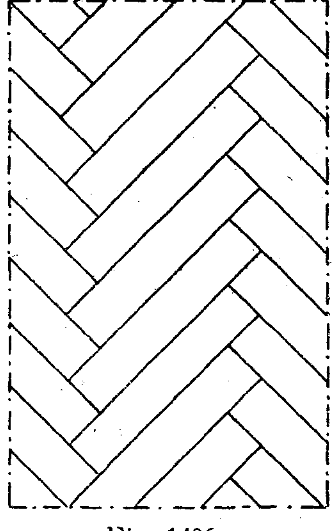


Fig. 1406.
Entarimado a la francesa.

ostensible cuanto más agudo es el ángulo formado por los listones (figura 1405).

Entarimado a la francesa.—Este entarimado (fig. 1406) no difiere del de punto de Hungría más que por la forma de los extremos

de los listones, que están cortados a escuadra, según muestra claramente la figura.

Entarimado de juntas alternadas.—Esta variedad de entarimado (figura 1407) se emplea raras veces porque exige un doble corte y más esmero en la colocación que los tipos ya mencionados.

Entarimados de taracea. — También se llaman *de cuarterones;* son entarimados compuestos de tableros ensamblados a caja y espiga

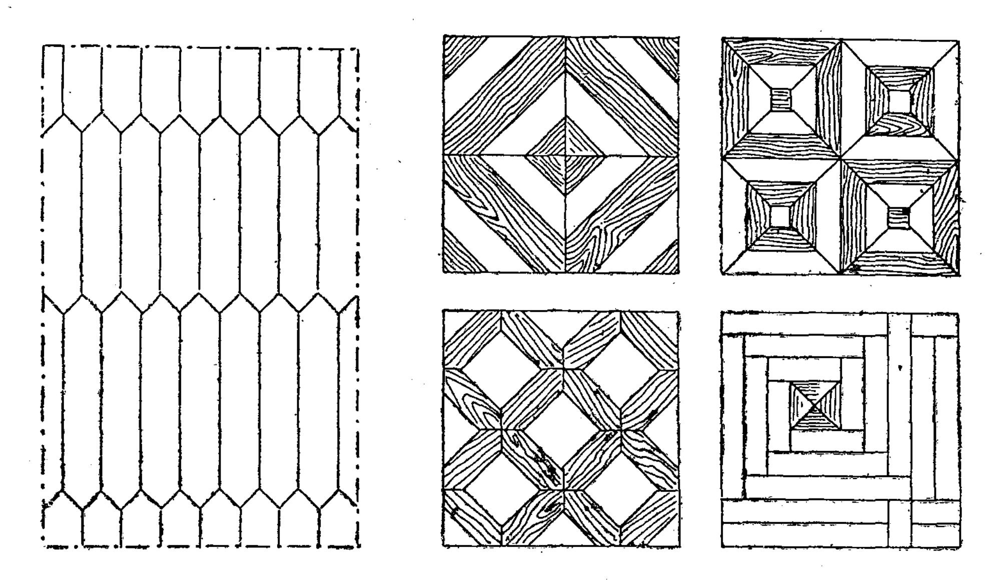


Fig. 1407.
Entarimado de juntas alternadas.

Figs. 1408 a 1411.
Entarimados de taracea.

y rellenos con un conjunto de listones, dispuestos formando un dibujo cualquiera (figs. 1408 a 1411).

Entarimados de mosaico. — Estos entarimados se distinguen por un dibujo más rico y por el empleo de maderas de colores, o, también, coloreadas con tintes distintos. Estos entarimados decorativos o de lujo no se colocan directamente encima de los rastreles, sino sobre un entablado de encina o de pino duro perfectamente seco, fijado y nivelado muy esmeradamente.

Observaciones generales.—A veces, se aísla el entarimado: ya sentando sencillamente los rastreles sobre betún de asfalto, moldeando en hueco los intervalos (fig. 1412); ya colocando directamente los listones sobre un lecho de asfalto en caliente (fig. 1413) que se adhiere muy bien a la cara no pulimentada del listón, el cual se apisona como si se tratase de un adoquín, pues en esta clase de entarimado, los listones no se ensamblan a ranura. En las obras de duración limitada, se puede proteger el entarimado con una hoja de cartón embetunado entre los rastreles y el entarimado (fig. 1414); este pro-

cedimiento, que hemos empleado en varias reparaciones, nos ha dado siempre buenos resultados.

Para obtener un buen entarimado hace falta: elegir maderas bien secas, exentas de nudos, de albura, de hendiduras, etc.; dejar

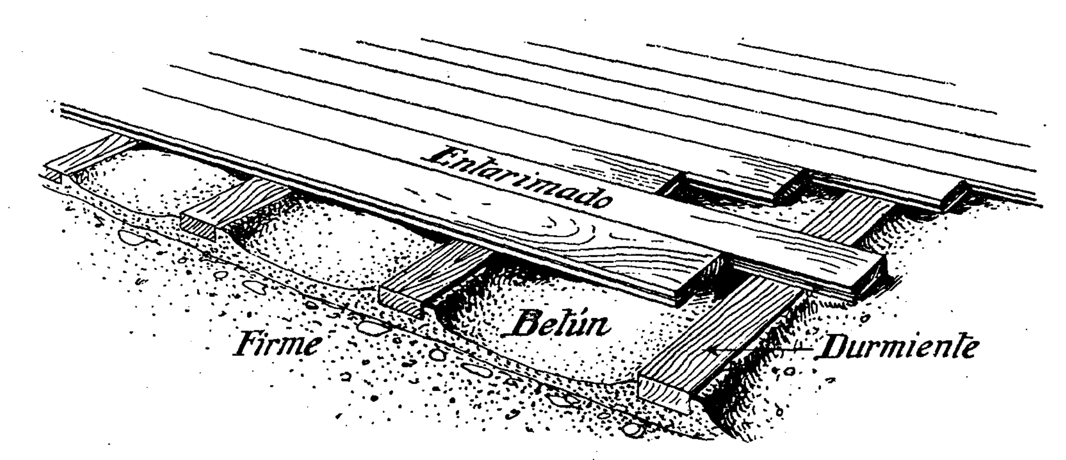


Fig. 1412. — Entarimado con rastreles aislados por asfalto.

secar bien el empotramiento de los durmientes (con buen tiempo hay que contar tres semanas, por lo menos) y el forjado del suelo, para lo cual se recurrirá si es posible a ventilar los espacios entre rastreles; nivelar bien éstos; preparar y cortar las maderas con el mayor cuidado, para asegurar su perfecta yuxtaposición sin apretarlas demasiado.

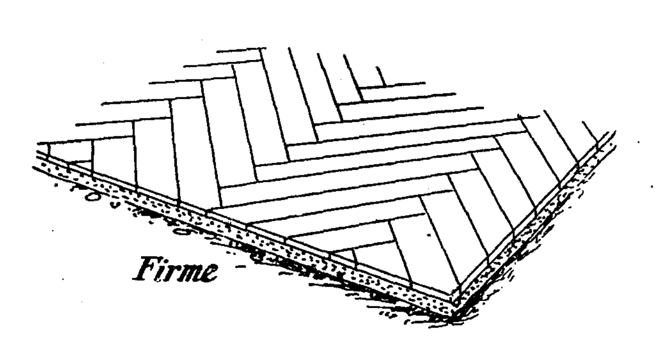


Fig. 1413. — Entarimado sobre lecho de betún.

Concluído el entarimado, la superficie no queda perfectamente plana, pues, a pesar de todos los cuidados, los listones pueden presentar ligeras diferencias de espesor que detendrían la cera y se convertirían pronto en depósitos de basura que perjudicarían el buen aspecto del entarimado.

Para quitar estas ligeras irregularidades, se procede al *recorrido,* que consiste en mojar la superficie del entarimado y acepillarla con un cepillo o una raedera. Entonces, el entarimado está listo para recibir el encerado (capítulo XIV).

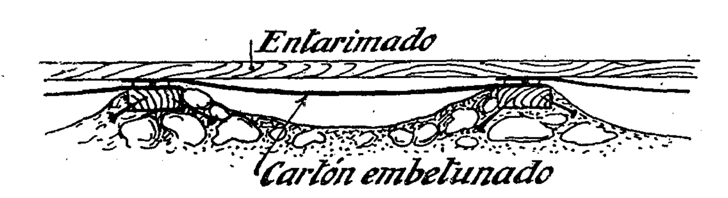


Fig. 1414. — Entarimado con aislamiento de cartón embetunado.

Los entarimados no deben colocarse sino después que los forjados estén bien secos y cuando los vanos puedan ya cerrarse, para que no sufran las variaciones de la temperatura, ni los efectos de las lluvias o de la nieve.

OBRAS DIVERSAS DE CARPINTERÍA

Molduras.—En la carpintería de taller se emplean todas las usadas en arquitectura, pero hay ciertos perfiles que se aplican a la madera especialmente, y estos últimos son los que vamos a examinar. Antiguamente se fabricaban a mano todas estas molduras y representaban con frecuencia una mano de obra considerable; en la actualidad, se hace este trabajo mecánicamente, en la máquina de fresar vulgarmente llamada *tupí*.

JUNQUILLOS.—Hay varias especies de junquillos: *el junquillo de cuarto de bocel* (fig. 1415) para adornar ángulos; *el junquillo de mediacaña* (fig. 1416) llamado también *medio junquillo*, que sirve de tapajuntas y también de recuadro (por ejemplo, a un derrame de una ventana); en las construcciones muy económicas, se utilizan con frecuencia los medios junquillos para reemplazar los jambajes; también con esta moldura se tapan las juntas y se encuadran al mismo tiempo los cercos de los ventanillos de retretes, tragaluces, etc.; *el junquillo de ángulo* o *de tres cuartos de bocel* (figura 1417) puede adaptarse sobre las aristas de una pared para protegerlas. Todos estos junquillos tienen de 13 a 20 mm de diámetro y se fijan por medio de clavos.

Figs. 1415 a 1417.—Junquillos.

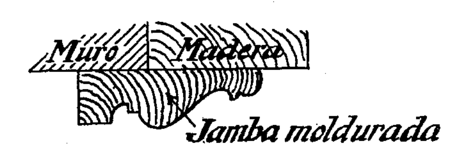


Fig. 1418.
Corte horizontal de un jambaje.

JAMBAJES. —El jambaje es un recuadro liso o, más generalmente, moldurado, que contornea el cerco de las puertas interiores y contra el cual se yuxtaponen los papeles pintados o se adosan los revestimientos. En las casas de alquiler es muy sencillo, pues consiste en una moldura, clavada sobre el cerco, para tapar la junta del yeso con la madera (fig. 1418). Estas molduras tienen de 4 hasta 15 cm de ancho o más; se ensamblan a

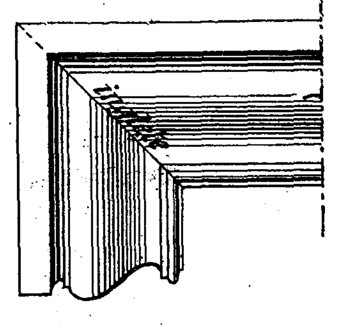


Fig. 1419.
Ensambladura en el ángulo de un jambaje.

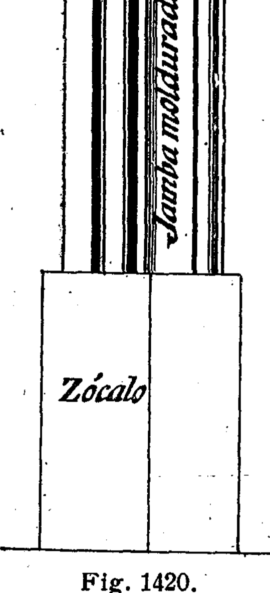


Fig. 1420.
Zócalo de un jambaje.

inglete (fig. 1419) y, por abajo, descansan sobre un *zócalo* pequeño de madera (fig. 1420).

CIMACIOS.—El cimacio es una moldura de madera (fig. 1421) que sirve para coronar un revestimiento de madera o que corre a cierta altura de las paredes de una habitación, aunque no tengan revestimiento.


Fig. 1421. Cimacio.

Revestimientos. — Los revestimientos, en muchas construcciones económicas, sólo son simulados; se forman colocando, entre el cimacio y el plinto, tableros moldurados de pequeñas dimensiones, cortados a inglete y clavados directamente sobre el yeso (fig. 1422). Por medio de la pintura, se imitan después, cuando son de madera inferior, otras más finas como la encina, el nogal, etc., e incluso la piedra en el basamento.

Los revestimientos propiamente dichos se dividen en dos especies principales: *revestimientos de apoyo,* que tienen de 0,80 a 1,40 m de altura, y *revestimientos de altura,* que cubren por completo la pared desde el pavimento hasta el techo.

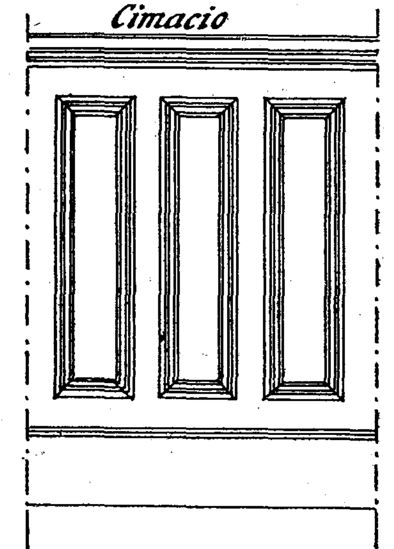
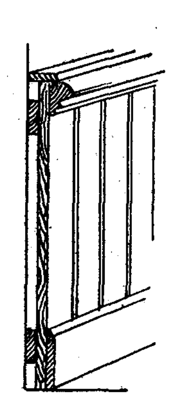


Fig. 1422. — Revestimiento simulado de tableros pequeños, sobre el yeso.

Los revestimientos de madera se emplean muchas veces para combatir la humedad de los muros; en este caso, aconsejamos, en interés de la conservación de la madera y también para conseguir mejor el fin que se propone, revestir de antemano el muro con un cartón embetunado clavado o pegado, según la naturaleza de la fábrica del muro. Además, el revestimiento de madera debe estar siempre aislado del muro y tener contacto sólo en cierto número de puntos.


Fig. 1423. — Revestimiento no ensamblado.

Los revestimientos de madera pueden ser *ensamblados* o *sin ensamblar.* Los segundos son de construcción muy sencilla (figura 1423): se fijan al muro—por medio de clavos, tornillos o patillas de fijación—tres o cuatro rastreles (según la altura del revestimiento) y se colocan encima listones o tablas de 6 a 11 cm de ancho, unidas a ranura y lengüeta, con junquillos sobre las juntas. Estos listones se fijan en los rastreles por medio de clavos que se colocan en el centro del listón, para que la madera, al contraerse, produzca el mismo juego a derecha e izquierda. Sobre estos listones se colocan el plinto

o zócalo y el cimacio, después se cubre este último con un pequeño listón que lo corona. Los *revestimientos ensamblados* están compuestos por un bastidor forjado con tableros. Este trabajo puede ser más o menos sencillo: con simples chaflanes (fig. 1424) o con tableros pequeños y grandes, como las puertas que hemos visto anteriormente (figuras 1301 a 1311).

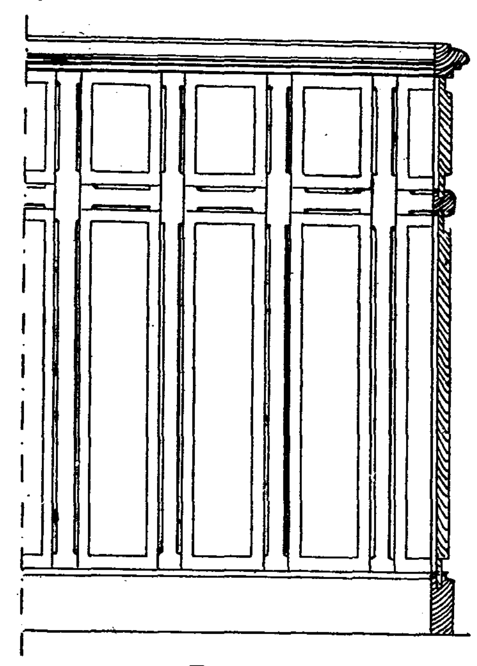


Fig. 1424. Revestimiento ensamblado.

Tableros.—Los tableros rellenan el hueco que existe entre los largueros y traveseros que forman el bastidor del revestimiento; se hacen: *enrasados* a uno o a dos haces o caras, es decir, que tienen menos espesor o el mismo que las piezas del bastidor (figuras 1425 y 1426); *lisos,* cuando no tienen saliente alguno (fig. 1427); *moldados,* es decir, que el tablero tiene gran espesor en el centro y se reduce al de una lengüeta de unos 4 cm en los bordes (fig. 1428); *tallados,* cuando se adornan con figuras alegóricas u otra ornamentación delicada. «En la carpintería de taller anterior al siglo XV, dice Viollet-le-Duc, se acostumbraba, sobre todo para los muebles, revestir los tableros con piel de asno o tela pegada a la madera con cola de retal. Cuando estas obras de madera envejecían, los revestimientos, seguramente, se despegaban de la madera en los bordes formando pliegues y arrugas. Es de presumir que los carpinteros tuvieron la idea de aprovechar estos accidentes para ornamentación ,y, a la vez, para aumentar el espesor de los tableros en el centro, dejando lengüetas muy delgadas en los bordes. De aquí, los tableros de per-

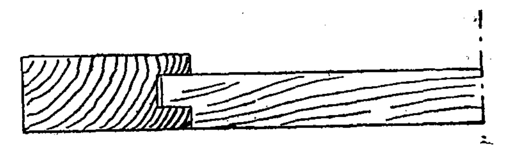


Fig. 1425.—Tablero enrasado a un haz.

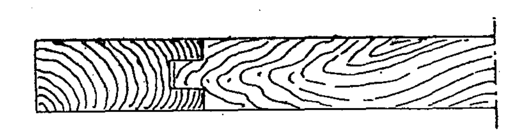


Fig. 1426.—Tablero enrasado a dos haces.

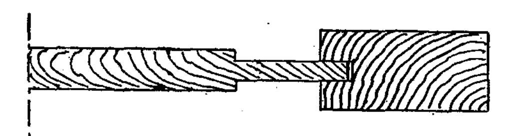


Fig. 1427.—Tablero liso.

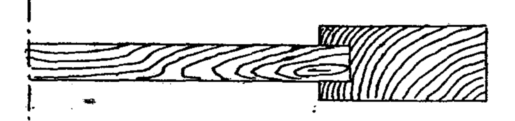
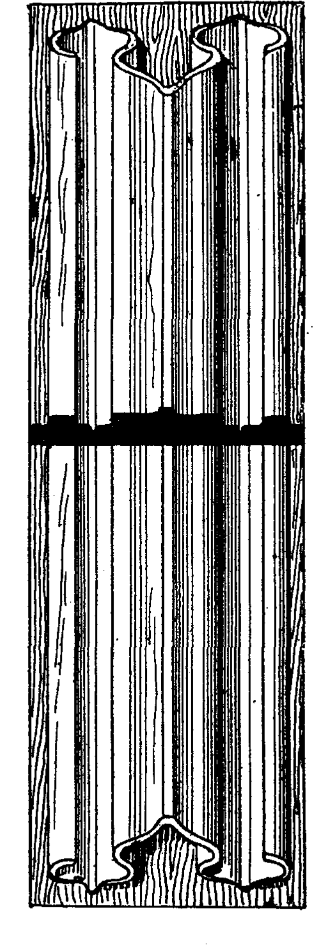


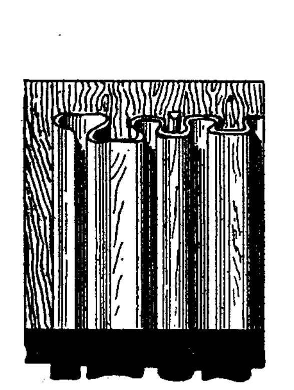
Fig. 1428.—Tablero moldado.

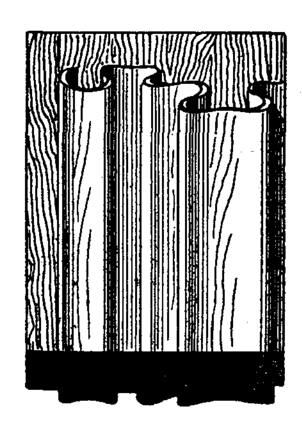
gaminos plegados, tan en boga durante el siglo XV y comienzos del XVI» (figs. 1429 a 1431).

Trazados con habilidad, estos tableros dan la sensación de un espesor considerable, y sin embargo el saliente mayor raras veces pasa de un centímetro. En las figuras, se ve que el perfil, que está muy pegado en sección, es, por el contrario, excesivamente exagerado visto de frente sobre el tablero: esta desproporción o diferencia de escala es la que produce la sensación de relieve.



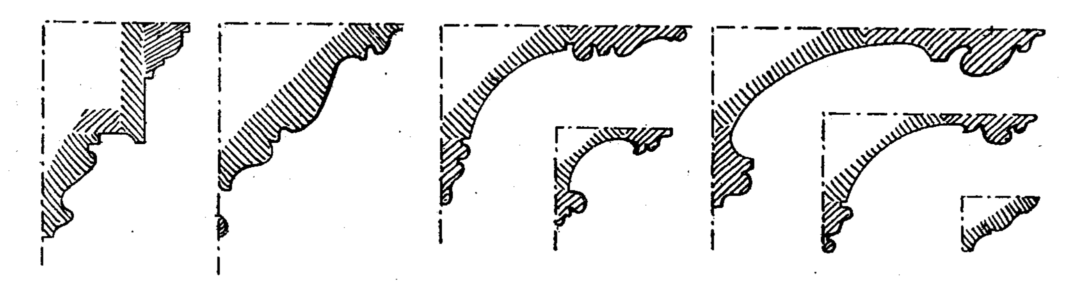
Cornisas.—En los interiores, se emplean las cornisas de madera cuando se trata de un trabajo hecho después de ter-





Figs. 1429 a 1431.—Tableros tallados, imitación de los pergaminos plegados.

minados los demás, a fin de evitar las numerosas reparaciones que, forzosamente, se originarían al hacer una cornisa de yeso. Cuando



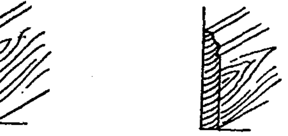
Figs. 1432 a 1438.—Perfiles de cornisas de madera.

las paredes están cubiertas con revestimientos de madera, se emplean siempre cornisas de este material.

Como ejemplo, damos algunos perfiles de cornisas en las figuras 1432 a 1438.

Plintos o zócalos.—El plinto es una tabla delgada, ordinariamente de 11 cm de altura y 13 mm de espesor, aunque a veces es

más gruesa, que se coloca contorneando una habitación, contra la parte inferior del revestimiento de madera o de las paredes. El plinto es liso o tiene en su parte superior una ligera moldura (figuras 1439 y 1440); sirve para proteger la parte inferior de las paredes contra los choques y, al mismo tiempo, para tapar la junta que forma la pared con el entarimado.



Figs. 1439 y 1440.—Plintos.

Estilobatos.—Los estilobatos no difieren de los plintos más que en sus dimensiones, que son mayores: 22 cm de altura y 13 a 18 mm de espesor. Plintos y estilobatos se fijan a los muros por medio de clavos y, generalmente, se pintan imitando el mármol de la chimenea.

CONSTRUCCIONES RUSTICAS

Cercas caladas.—Las cercas caladas tienen varias aplicaciones: se emplean como cercas ordinarias, como cortina para quitar una vista poco agradable y también como ornamentación.

Cuando se emplean como cercas o vallas, pueden afectar la forma de una empalizada. Entonces, se construyen como montantes

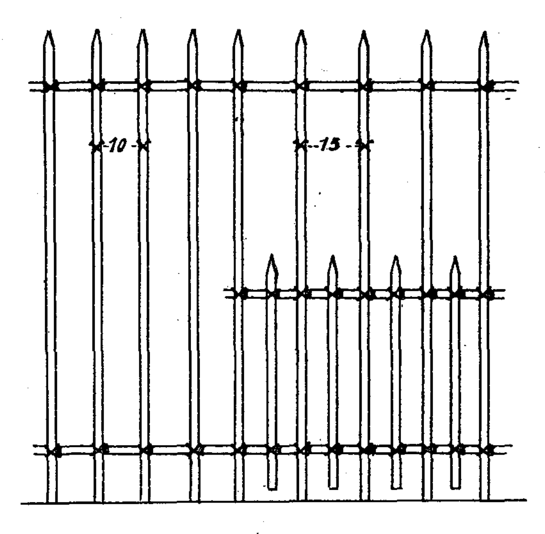


Fig. 1441.
Cerca calada, de mallas rectangulares.

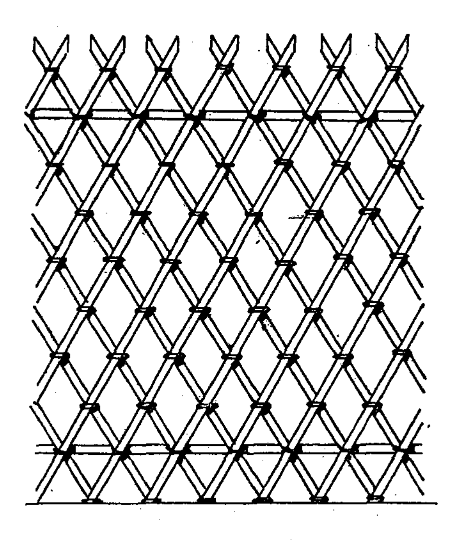
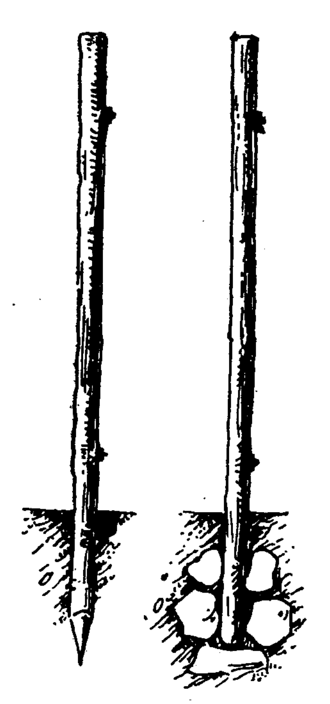


Fig. 1442.
Cerca calada, de mallas romboidales.

y travesaños de madera de raja, clavados o atados y pintados con alquitrán de Noruega.

En muchas localidades, la cerca obligatoria se reemplaza por una valla calada. La celosía de esta valla puede ser de mallas rectangulares o romboidales (figs. 1441 y 1442) formadas por listones de unos 3 cm de ancho por 8 mm de espesor; algunas veces, cuando la separación de los montantes llega a 15 cm, se duplican éstos en la parte inferior para impedir el paso de los animales, especialmente de

los perros. Estas vallas se sujetan con alambre o con clavos sobre estacas o postes, clavados a fuerza de mazo en el suelo, si éste es compacto, o empotrados con yeso o mortero en un macizo, si el terreno es poco resistente (figs. 1443 y 1444).



Figs. 1443 y 1444. Estacas para fijar las cercas caladas.

Hay también enrejados compuestos de montantes o listones de madera, ligados por dos alambres de hierro retorcidos, que los mantienen a una separación conveniente. Esta clase de enrejado tiene la comodidad de poder enrollarse, lo que es una ventaja para el transporte. Se colocan como los otros, fijándolos a estacas, pero es necesario agregar por lo menos dos travesaños, uno arriba y otro abajo, para darles cierta rigidez.

Algunas veces se clavan estos enrejados sobre muros, lisos o toscos, previamente pintados de verde, para facilitar la colocación de plantas trepadoras.

Algunas veces, en dos propiedades separadas por un muro de cerca medianero, se encuentran los patios uno frente al otro y con frecuencia esta vista directa presenta inconvenientes; entonces, sin perder por completo la iluminación, como ocurriría levantando un muro, se procura dificultar la visión directa recurriendo a un enrejado. Cuando éste es de grandes dimensiones, lo sostiene un bastidor de hierro (fig. 1445).

Los enrejados decorativos se emplean en el interior y en el exterior, para adorno de paredes con grandes superficies lisas, pudiendo

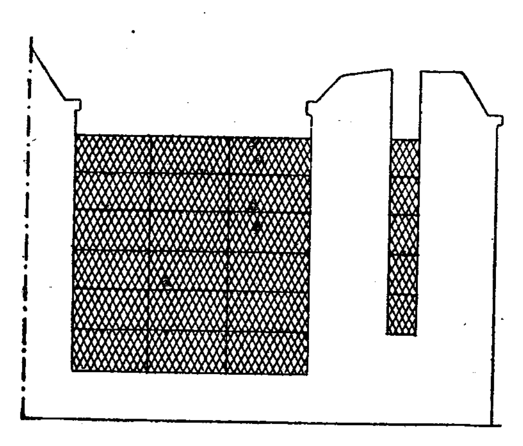


Fig. 1445.—Enrejado divisorio.

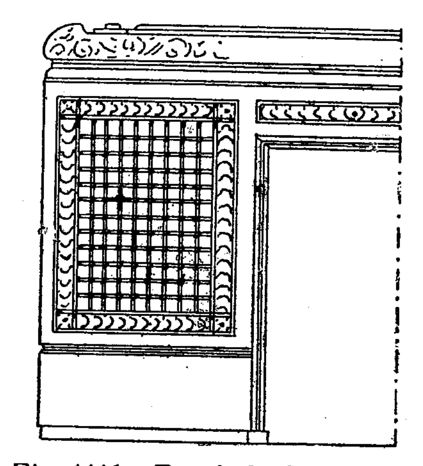
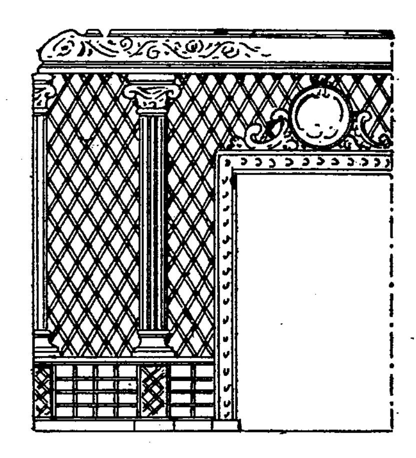


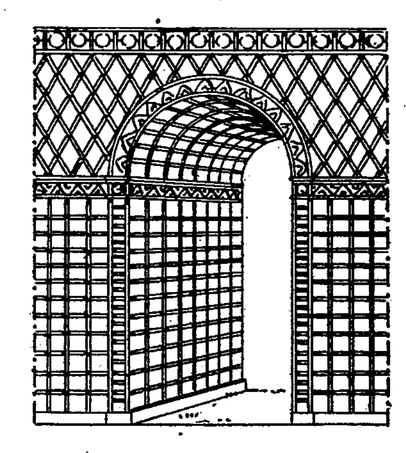
Fig. 1446.—Enrejado decorativo.

construirse con maderos acepillados o simplemente aserrados (figuras 1446 y 1447). También se pueden obtener efectos de perspectiva, algunas veces, por una pintura en el fondo (fig. 1448).

Los enrejados de lujo se hacen con medios junquillos y con

mediacañas; entonces, afectan las formas empleadas en las construcciones chinas y japonesas.





Figs. 1447 y 1448.—Enrejados decorativos.

Construcciones rústicas diversas.—Parece que, por su nombre, las construcciones rústicas no deberían clasificarse dentro de las obras de arte, pero nada tan inexacto, pues lo sencillo, lo tosco si se quiere, puede desempeñar su papel en el gran conjunto de una casa vasta y bien dispuesta. Hay refinamientos que no son convenientes más que en ciertos sitios: así, un mirador puede y debe ser decorado y construído de manera distinta que un gabinete.

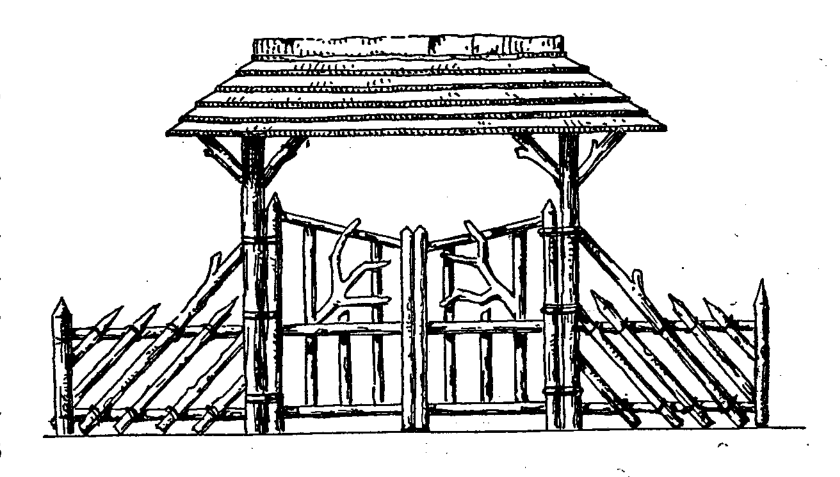


Fig. 1449. —Puerta rústica.

La construcción rústica es un recuerdo de las habitaciones primitivas — aunque a veces tenga interiormente todas las comodidades apetecibles—cuya forma y elementos constructivos armonizan bien con el medio natural en que está colocada.

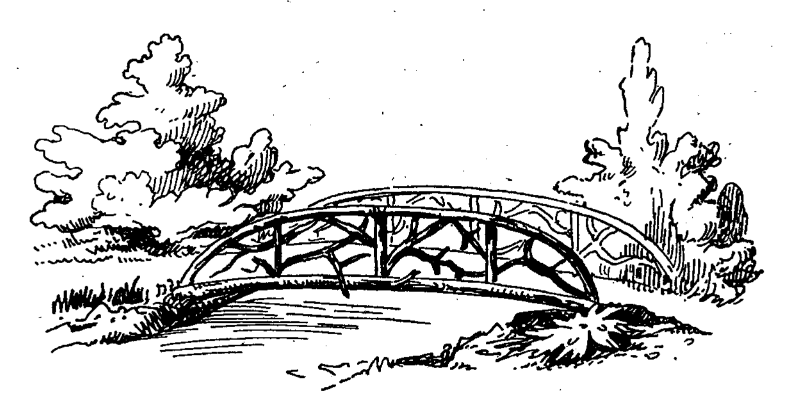


Fig. 1450.—Puente rústico.

A veces se emplea este género de construcciones para entrada de parques (fig. 1449) construídas con maderos rollizos, es decir, sin descortezar, aunque las piezas se

ensamblan, según todas las reglas de la carpintería, y se arman con los herrajes correspondientes.

También pueden ser de excelente efecto los puentes rústicos (figura 1450) cuyos largueros forman gruesos maderos en rollo, que sostienen un tablero de rollizos yuxtapuestos. Las barandillas se hacen con ramajes, coronados con un pasamanos análogo.

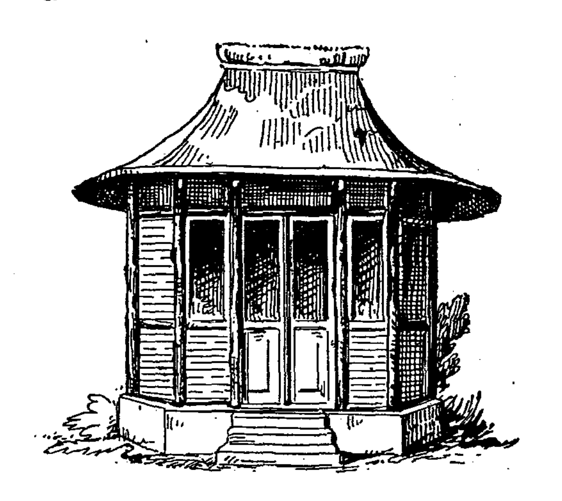


Fig. 1451.—Quiosco rústico.

Los miradores, quioscos y refugios de cualquier clase pueden ser, también, de estilo rústico. Se clavan en el suelo rollizos o postes —generalmente de encina, o por lo menos de madera dura y poco putrescible—distribuídos con arreglo a la forma de la planta, sobre los cuales se ensamblan travesaños de la misma madera. El forjado o relleno puede hacerse con ramaje o con un enrejado. Las plantas trepadoras se encargan de completar la decoración; las figuras 1451 a 1453 suplen con ventaja a una larga explicación.

La cubierta de los templetes rústicos es ordinariamente de paja, que ha sido descrita en el capítulo anterior, pero también se pueden

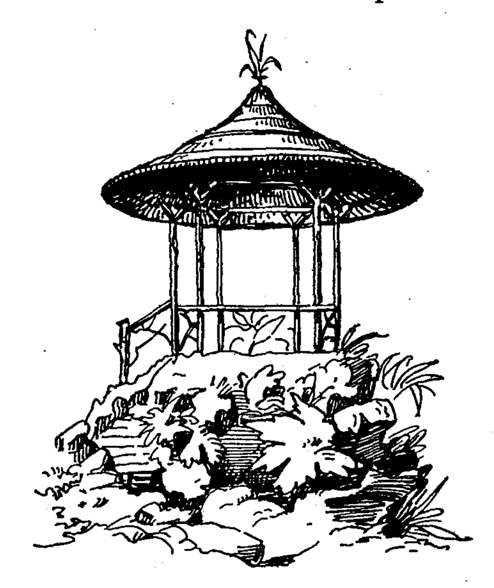




Fig. 1452.—Mirador rústico.

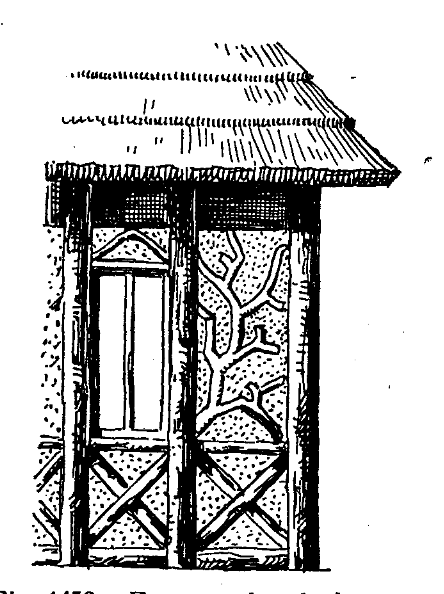


Fig. 1453.—Entramado rústico.

emplear tejas planas de Borgoña, tejas vidriadas, esmaltadas, etc.; en una palabra, todo lo que pueda armonizarse con este género de construcciones.

CAPÍTULO XI

Escaleras. Ascensores

GENERALIDADES SOBRE LAS ESCALERAS

Vamos a estudiar en este capítulo las *escaleras en general,* en lo que se refiere a sus exigencias y disposiciones. Los detalles pueden verse en: *escaleras de fábrica* (pág. 118), *escaleras de madera* (página 253) y *escaleras de hierro* (pág. 324).

Condiciones generales que deben reunir las escaleras.—En general, es necesario observar en la construcción de las escaleras los principios siguientes:

a) No deben separar piezas que dependan unas de otras.

b) Deben colocarse junto a la puerta de entrada de la casa.

c) Deben verse fácilmente desde la entrada.

d) Hay que colocar el primer peldaño frente a la entrada, para no tener que dar un rodeo a la escalera antes de subir.

e) El ancho de la escalera debe estar en relación con el servicio a que se destine.

f) Las escaleras de los distintos pisos deben disponerse unas a continuación de otras; no obstante, en ciertos casos, en los hoteles particulares por ejemplo, se construyen escaleras monumentales que no llegan más que al primer piso—con caja muy decorada—y, en otro sitio próximo, se coloca una escalera más sencilla que conduce a los pisos superiores.

g) Es necesario, dentro de lo posible, evitar los peldaños de forma irregular, recurriendo para ello a colocar descansos intermedios entre los dos pisos, donde cambia de dirección la escalera.

h) Cuando no puedan evitarse peldaños irregulares—ya radiales, ya compensados—es menester dar a la curva de la zanca, o al ojo de la escalera, un perímetro tal que los peldaños no resulten muy estrechos en la ensambladura con la zanca.

i) Las escaleras largas y estrechas deben dividirse en varios tramos, por medio de descansos; cada tramo no debe tener más de 18 ó 20 peldaños, para que la escalera no resulte muy fatigosa.

j) La caja de la escalera debe estar bien iluminada; al estudiar la planta del edificio, es preciso tratar de darle luz directa, en lo posible y, salvo exigencias arquitectónicas, se evitará el cruzar las ventanas con las zancas, procurando que aquéllas queden en la altura libre entre peldaños y cielorraso.

k) La longitud del descanso deberá ser igual, por lo menos, al desarrollo de la línea de huella correspondiente a tres peldaños.

l) En lo posible, los peldaños de una misma escalera deben tener todos la misma huella y contrahuella. Esta regla debe respetarse por lo menos en cada tramo, si las alturas entre los diversos pisos no permiten aplicarla en toda la escalera.

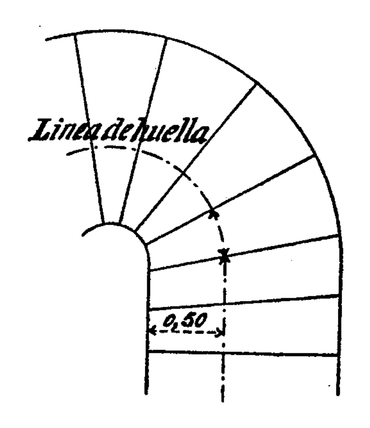


Fig. 1454.—Planta de escalera.

Línea de huella.—Se designa con el nombre de *línea de huella* una línea trazada sobre la proyección horizontal de una escalera paralelamente a la zanca y, por lo tanto, a la barandilla que sostiene el pasamanos. Se llama así porque es la proyección de la línea que se sigue al subir y bajar, apoyándose en la barandilla.

En los tramos rectos, la línea de huella también lo es y la huella tiene el mismo valor en todo el peldaño. En los tramos curvos o en vuelta, la línea de huella es una curva semejante y la huella del peldaño (fig. 1454) crece desde la zanca hasta la falsa zanca.

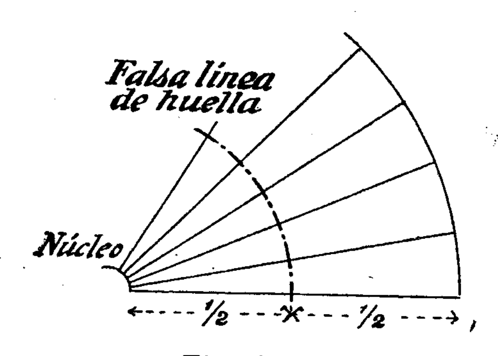


Fig. 1455.
Línea de huella mal situada.

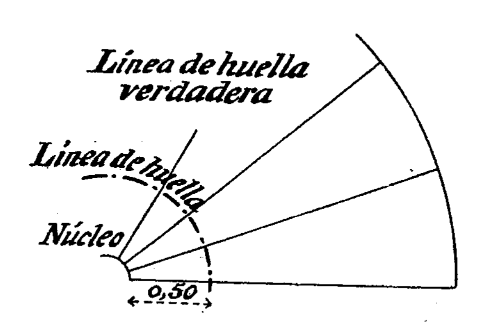


Fig. 1456.
Línea de huella debidamente situada.

En los tramos rectos, la huella se determina por la fórmula de Rondelet: $2\,h + l = 0{,}63$ a $0{,}66$ m, donde h representa la contra-

huella y l la huella. Si las dimensiones del peldaño cumplen dicha relación, la escalera podrá ser más o menos fatigosa, pero será practicable.

En los tramos en vuelta, por ejemplo en las escaleras de caracol, la línea de huella debe situarse a 0,50 m de la barandilla (figura 1456), es decir, que una persona al subir o bajar, apoyándose en la barandilla, debe encontrar en dicho punto del peldaño sitio suficiente para fijar el pie con seguridad. Se comprende que si, en una escalera de caracol por ejemplo, se situara la línea de huella en el centro del peldaño (fig. 1455) siendo éste algo ancho, el peldaño tendría allí huella suficiente, pero no por ello dejaría de ser peligrosa la escalera, puesto que a 0,50 m de la barandilla—donde se halla la línea que prácticamente recorre el pie—la huella sería insuficiente o casi nula.

Peldaños.—El peldaño o escalón está compuesto de la parte horizontal llamada *huella* y de la parte vertical llamada *contrahuella*. Acabamos de indicar que la suma de la huella más el doble de la contrahuella debe dar de 63 a 66 cm, que es la longitud media del paso de un hombre de estatura ordinaria, según demuestra la experiencia. Para franquear una tabla a 7,50 m de longitud—dice Wanderley—dará, pues, 12 pasos; si se levanta 0,60 m uno de los extremos de la tabla, tendrá que dar 13 pasos, para llegar a la cima del plano inclinado que aquélla forma; si la cima se encuentra a 2,90 m de altura, dará 18 pasos y cada uno de ellos cubriría una proyección horizontal de 0,30 m de longitud, ascendiendo en cada paso 0,16 m sin dificultad, a condición, naturalmente, de que su pie encuentre un punto de apoyo a propósito sobre el plano inclinado.

La relación de 16 cm de contrahuella por 31 de huella es, efectivamente, la que da peldaños menos fatigosos. Pero, como el sitio de que se dispone para la caja de la escalera no siempre permite adoptar dicha proporción, es preciso, siempre que se aumente un centímetro la altura del peldaño, reducir su huella en dos centímetros: por ejemplo, si se tiene una contrahuella de $17 = 16 + 1$ cm, se adoptará huella de $31 - 2 = 29$ cm; por el contrario, si la altura fuese de 15 cm, la huella debería medir $31 + 2 = 33$ cm.

Se pueden calcular las dimensiones del peldaño por la fórmula:

$$l = \frac{500}{h} \text{ cm},$$

así, para una contrahuella $h = 16{,}5$ cm

$$l = \frac{500}{16{,}5} = 30{,}3 \text{ cm}.$$

Se ve, pues, que en una escalera bien trazada, la huella disminuye a medida que la altura de los escalones aumenta.

Zancas.—Hay que distinguir dos clases de zancas: *zancas de cremallera, aplantilladas* o *a la inglesa* (fig. 1457) y *zancas rectas* o *a la francesa* (fig. 684, pág. 256). Las primeras se recortan, para sentar las huellas de los peldaños, dejando siempre en el punto más débil una altura *A*, suficiente para que la zanca resista el peso de la escalera. En las zancas a la francesa, los peldaños se entregan por sus extremos en cajas de ensambladura labradas en aquéllas. Véanse detalles constructivos: para zancas de madera en las páginas 255 y siguientes, y para zancas metálicas en las 324 y sucesivas.

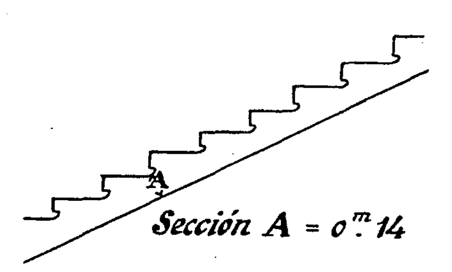


Fig. 1457.—Zanca a la inglesa.

Ancho de la escalera.—El ancho de la escalera es la mayor dimensión del peldaño. Esta dimensión no está sujeta a ninguna regla, pues sólo depende del destino de la escalera, regulándose por su importancia decorativa, por la necesidad de permitir la subida y bajada de algunas personas solamente o de grupos numerosos. No obstante, si no se puede fijar el máximo, debe decirse que este ancho en las escaleras rectas no puede ser inferior a 0,65 m, que es, poco más o menos, el ancho mínimo de un pasillo. De todos modos, en las escaleras de caracol, donde suele faltar sitio, se puede llegar a un ancho de 0,50 y aun de 0,45 m.

Vuelos o alturas de paso.—Una cuestión importante, en la construcción de escaleras, y que debe tenerse en cuenta al estudiar el proyecto del edificio, es la de los vuelos.

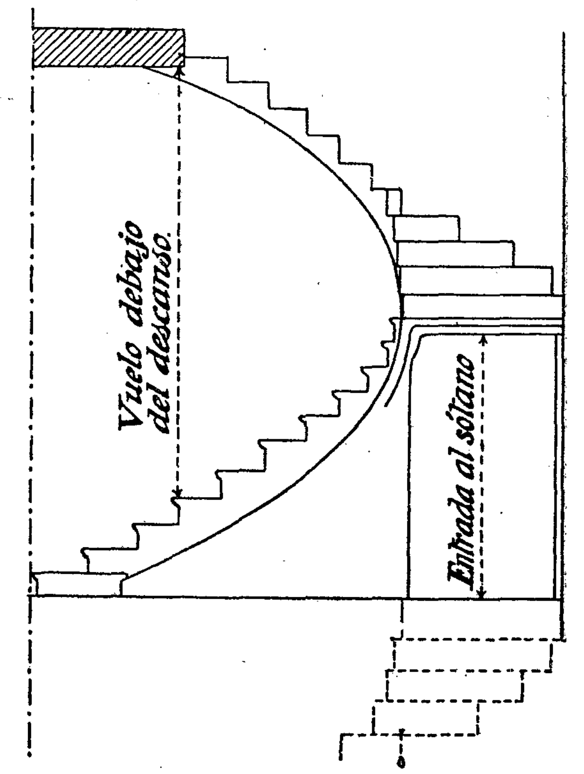


Fig. 1458.—Alturas de paso, en una escalera ordinaria.

En las escaleras ordinarias para casas de alquiler, hay que tener en cuenta que la altura de paso debajo de la escalera para la bajada al sótano requiere, por lo menos, catorce peldaños para obtener una puerta de 2,0 m de altura, dimensión que, según la importancia de la construcción y su destino, puede reducirse a 1,80 o a 1,75 m.

El piso bajo, como tiene siempre mayor elevación que los otros, necesita también mayor número de peldaños; como que la situación y dimensiones del descanso son invariables, no se puede obtener el

número necesario de escalones más que avanzando el arranque de la escalera hacia el vestíbulo; de aquí resulta que el descanso del primer piso pasa por encima del sexto o séptimo escalón y reduce, otro tanto, la altura del paso inferior.

Se obvia este inconveniente aumentando la altura de los peldaños, para disminuir su número, de modo que el descanso pase sobre el tercero o cuarto peldaños (fig. 1458).

Los peldaños del primer tramo pueden, sin inconveniente, tener 0,8 ó 1 cm más de contrahuella que de ordinario; en los pisos superiores, en cambio, conviene suavizar la pendiente. En nuestra opinión, se podrían adoptar los valores siguientes:

del piso bajo	al 1.er piso		17 a 17,5 ó 18 cm
» 1.er piso	» 2.°	»	16,5 cm
» 2.° »	» 3.er	»	16 »
» 3.er »	» 4.°	»	15,5 »
» 4.° »	» 5.°	»	15 »

la huella se calculará en cada caso, con arreglo a la fórmula indicada antes.

La altura de paso no debe ser inferior a 2,20 m, pues de lo contrario el paso de los muebles, cuando se suben por la escalera, como es lo corriente, degrada el techo.

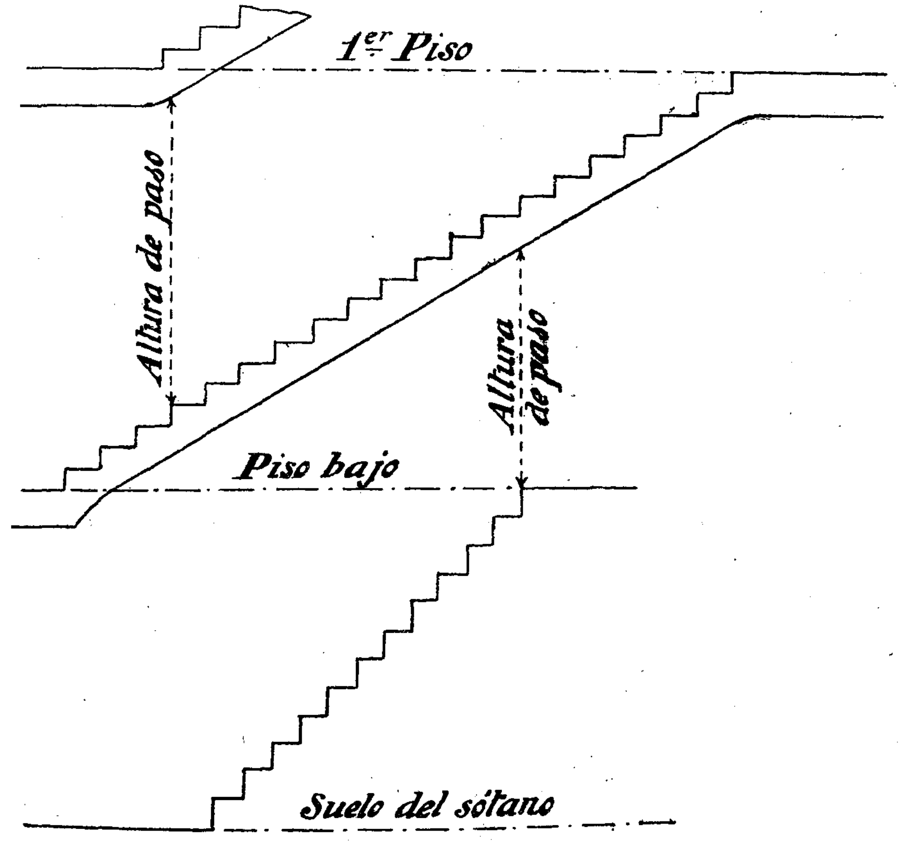


Fig. 1459.—Desarrollo de una escalera, con tramo en vuelta, para determinar las alturas de paso.

El comienzo de la escalera debe encontrarse debajo del descanso del primer piso, con sólo unos peldaños de diferencia.

Gráficamente, se puede ver muy exactamente la altura de paso de que se dispondrá entre los tramos superpuestos. Para ello, es suficiente fijar los puntos de partida de cada tramo y desarrollar la línea de huella, como si la escalera fuera recta; así, la figura 1459 representa el desarrollo de la escalera, cuya planta da la 1460. Entonces se puede medir, a escala, la altura libre de un punto cualquiera de la escalera.

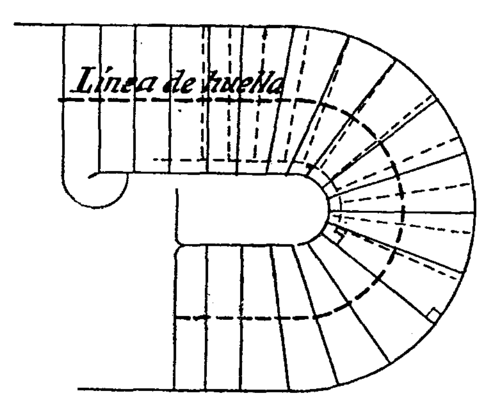


Fig. 1460.—Planta de una escalera con tramos en vuelta.

Caja de la escalera.—La *caja* es el espacio, comprendido entre muros rectos o curvos, que está destinado a contener la escalera. En los edificios de varios pisos debe estar directamente iluminada por ventanas; por lo contrario, cuando se trata de construcciones poco elevadas—de uno o de dos pisos—se puede iluminar la caja de la escalera por arriba, mediante una vidriera en el techo.

Las dimensiones mínimas, en planta, para una casa de alquiler son: ancho 2,30 y longitud 3,30 m, las cuales permiten 23 cm de huella, 1,02 m de ancho de la escalera y 24 cm para ojo de la misma; los peldaños en este caso tienen 17 cm de contrahuella, de modo que la longitud del paso resulta de $2 \times 17 + 23 = 57$ cm solamente.

Tramos.—Se dá este nombre a la parte de una escalera comprendida entre dos descansos, pudiendo ser *rectos* o bien *en vuelta*.

Descansos.—Se llaman así las porciones horizontales, más o menos extensas, colocadas a diversas alturas en una escalera. Los descansos *A* (fig. 1461) que dan acceso a los pisos—con los cuales enrasan—se llaman *descansos principales,* y los intermedios *B descansos de reposo* o descansillos.

Los descansos más reducidos deben tener por lo menos 80 cm de longitud, de modo que ésta corresponda, siquiera, a la suma de tres huellas. Desde luego, ello no concierne más que a las escaleras pequeñas y a las de servicio, para las que suele disponerse de muy poco sitio.

En los demás casos, conviene dar la mayor dimensión posible a los descansos principales. Los descansillos son cuadrados cuyo lado es el ancho de la escalera.

Para obtener una escalera cómoda de subir y de bajar, no conviene colocar más de 20 peldaños seguidos, sin separarlos con un descansillo. Véanse detalles constructivos en las páginas 335 y siguientes.

Ojo de la escalera.—El hueco que queda entre dos tramos de una escalera toma el nombre de *ojo* (*J*, en la figura 1461). Conviene darle

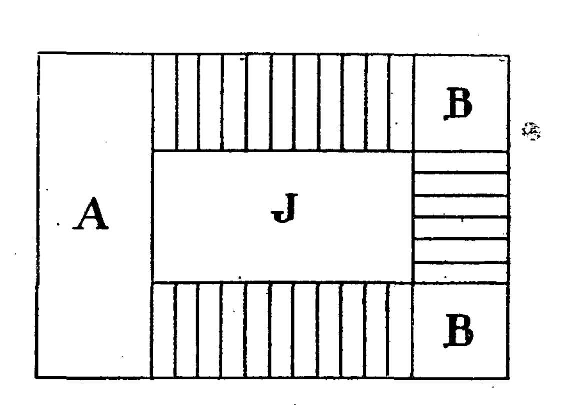


Fig. 1461.—Descansos principales y descansillos de una escalera ordinaria.

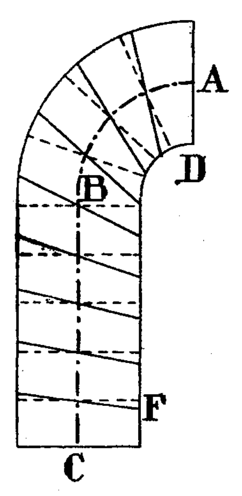


Fig. 1462.
Compensación de los peldaños en los tramos en vuelta.

bastante ancho al ojo, sobre todo en las escaleras de tramos en vuelta, pues así es más fácil la compensación de los peldaños.

Compensación de las escaleras.—Se llama *compensación,* en las escaleras con tramos curvos, el arte de repartir la disminución de huella—que forzosamente han de experimentar los peldaños de la parte curva—y que consiste en hacer menos brusca tal disminución, repartiéndola no sólo entre dichos peldaños, sino también en un número mayor o menor de escalones del tramo recto, como indica la figura 1462.

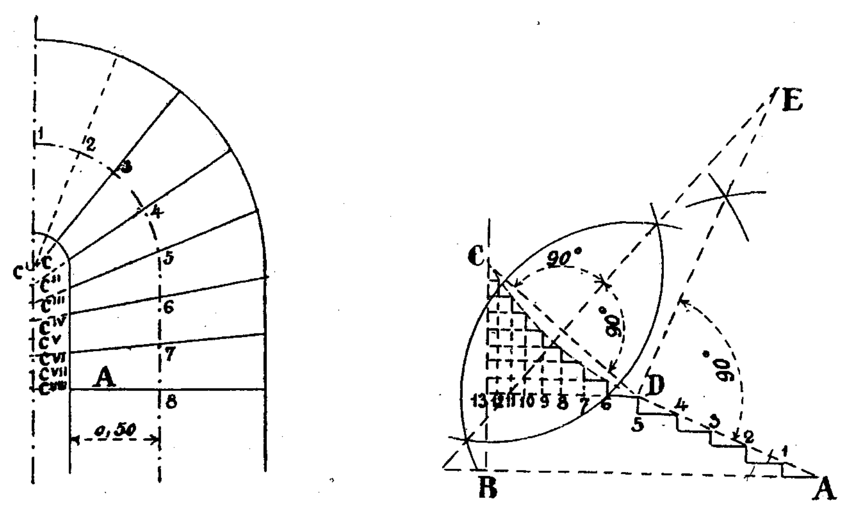
Esta figura nos servirá de ejemplo: *ABC* es *la línea de huella; FD* la zanca; las líneas de puntos representan las aristas salientes de los peldaños supuestos normales a la curva de ojo; la disminución del ancho, en la parte en vuelta, se haría de un modo súbito y se produciría un cambio brusco de pendiente que podría ser peligroso. Se puede hacer la compensación aplicando diversos métodos, pero todos sujetos a bastantes modificaciones prácticas; así los carpinteros, en el trazado de los peldaños, determinan primeramente el número de peldaños de compensación que juzgan indispensables, fijan luego la dimensión mínima que debe quedar en la ensambladura con la zanca y entonces van disminuyendo gradualmente el ancho del peldaño de manera que el valor de esta disminución sea siempre constante, y que el primer escalón tenga la huella ordinaria y el último la dimensión mínima fijada. Por medio de un tanteo, fácil cuando se tiene práctica, se llega rápidamente a un buen resultado.

Un método empírico que da buenos resultados es el siguiente.

Determinando el número de peldaños de compensación, siete por ejemplo (fig. 1463), se divide la distancia entre la normal *A* y el cen-

tro C en siete partes iguales y se subdivide en dos la primera división Cc''; después se hace partir el peldaño *1* del punto C, el peldaño *2* del mismo punto C, el *3* del punto intermedio c', el *4* del c'', el *5* del c''', el *6* del c^{IV}, después se salta un punto y el peldaño *7* va a parar al punto c^{VI}, por último el peldaño *8* es perpendicular a la zanca y va a parar al punto c^{VII}.

El siguiente procedimiento geométrico da un resultado más favorable todavía. Después de haber trazado la línea de huella y de dividirla en tantas partes iguales como peldaños haya de tener la escalera, se fija el número de paldaños que han de ser rectos, es decir, perpendiculares a la zanca. Después se toma sobre la planta la longitud del desarrollo de la zanca y se lleva sobre una horizontal AB (fig. 1464). Se traza en B la perpendicular BC y se lleva sobre ella tantas veces la altura de los peldaños como número de



Figs. 1463 y 1464.—Compensación de escaleras.

éstos correspondan a la mitad de la longitud de la zanca, o sea 13 en el caso que nos ocupa.

A partir de A, se toma una longitud igual a la suma de las huellas de los peldaños que deben quedar rectos y el punto D es el punto donde empieza la compensación. Se une entonces D con C, se levanta una perpendicular en el punto medio de esta recta y por D otra DE a la línea AD; el punto de intersección de las dos perpendiculares da el centro E. Desde éste, con un radio ED, se describe el arco CD, que es tangente a DA en D. Trazando las horizontales correspondientes a los distintos peldaños y—por los puntos donde aquéllos cortan al arco—líneas verticales, se obtendrá el ancho de cada peldaño junto a la zanca. La misma línea CDA sirve también para trazar el perfil de la zanca.

Barandillas.—Hemos tratado ya los detalles de construcción de las barandillas en las páginas 117, 258 y 339 al tratar, respectivamente, de las escaleras de fábrica, de madera y de hierro.

En términos generales, podemos añadir que cuando las zancas son a la inglesa suelen emplearse barandillas con *barrotes de cuello de cisne* (fig. 718, pág. 261) o *de espiga* (fig. 719).

En cuanto a la altura de la barandilla, véase lo indicado en la página 258 y en la figura 699.

DIFERENTES TIPOS DE ESCALERAS

Plano inclinado.—Es la más sencilla de las escaleras, compuesta de tablas colocadas con cierta inclinación y sobre las cuales se clavan tacos, para impedir el deslizamiento del pie. El plano inclinado exige un sitio considerable y se emplea, principalmente, donde han de subir y bajar caballerías.

Escala.—Es la escalera portátil que se coloca donde sea necesario. La escala se compone de dos largueros o montantes de madera, unidos entre sí por una serie de barrotes transversales, llamados *escalones* y colocados a distancias iguales, ordinariamente de 33 cm.

Escala de molinero.—Se llaman así las escaleras cuyos montantes y escalones están constituídos por tablas. Los escalones se ensamblan a espiga o se colocan sobre tacos (fig. 1465).

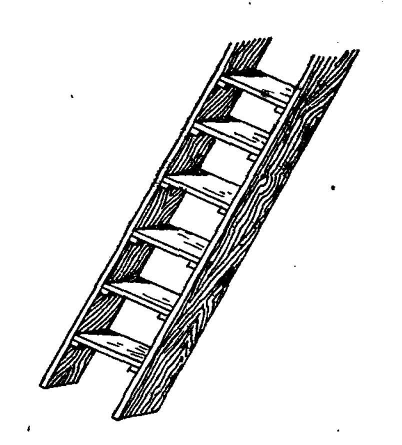
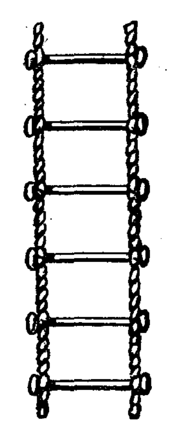


Fig. 1465.—Escala de molinero.


Fig. 1466.—Escala de cuerdas.

Escala de cuerdas.—A veces, se llama así a una cuerda con nudos colocados de 30 en 30 cm aproximadamente, que emplean los obreros para trabajar en las fachadas; pero hay también escalas compuestas de dos cuerdas o zancas flexibles, unidas entre sí por travesaños de madera (fig. 1466).

Escaleras de tramos rectos seguidos.—Los peldaños o escalones son paralelos, y se sube y baja sin desviarse a la derecha ni a la izquierda. Cuando se emplea este tipo de escalera no debe haber más de 18 ó 20 peldaños, como máximo, sin un descanso.

Es la forma más conveniente, cuando se trata de escaleras sencillas, sin ninguna pretensión decorativa, para sótanos, talleres, tiendas, graneros, etc.

Escaleras con desviación de los tramos en los descansos.— Estas escaleras están compuestas, generalmente, de partes rectas que ascienden en sentidos distintos, separadas unas de otras por descansos o descansillos.

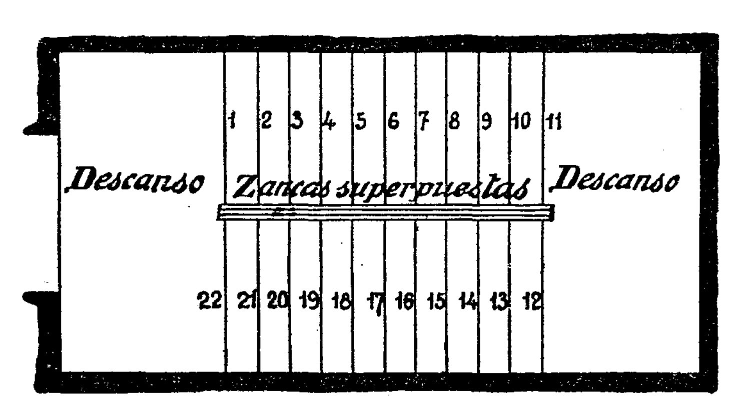


Fig. 1467.—Escalera con tramos en ida y vuelta.

Estas escaleras toman, según las exigencias de la planta, formas muy diversas. Cuando se colocan en un ángulo tienen la disposición indicada en la figura 1461. Cuando son de varios tramos pueden decorarse con facilidad. Otro tipo consiste en colocar las zancas superpuestas *(escaleras con tramos en ida y vuelta)*. Esta disposición (fig. 1467) presenta dificultades para la barandilla, pero, en cambio, se dispone de un ancho mayor para la escalera, puesto que se suprime el ojo.

Estas escaleras se construyen con cornijales, que sirven de puntos de ensambladura al pasamanos (fig. 1461, véase también fig. 700, página 259) o bien con cubillos en los ángulos, es decir, que las zancas rectas se acuerden entre sí por zancas curvas, y entonces hay necesidad de curvar el borde de los peldaños. Sea *DEF* (fig. 1468) el ángulo entrante que es preciso acordar, por medio de un cuadrante, para evitar el cambio brusco de dirección y aumentar el ancho en la zanca del peldaño constituído por el descanso, sin perder sitio. Después de haber determinado con qué número de peldaños se quiere hacer la compensación o acuerdo, se toma, a cada lado de la bisectriz del ángulo, la mitad de este número de escalones más media huella de cada lado, lo que nos da los dos puntos *G* e *I*. Por estos puntos, se trazan dos perpendiculares, *GJ* e *IJ*, a las zancas que forman el ángulo.

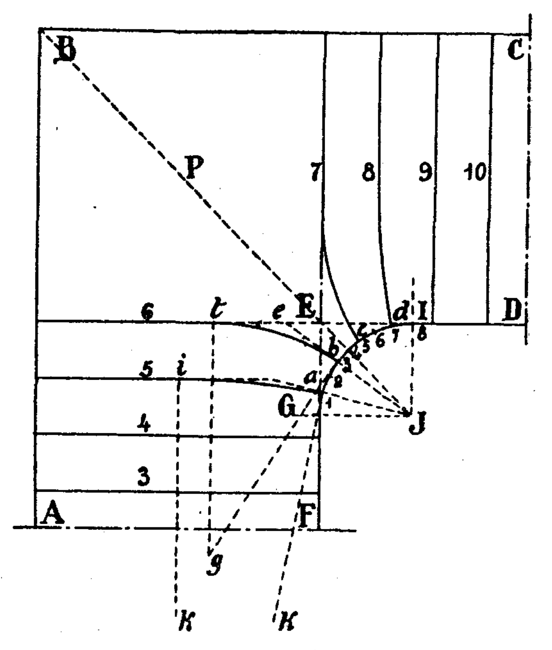


Fig. 1468.—Trazado del tramo en vuelta.

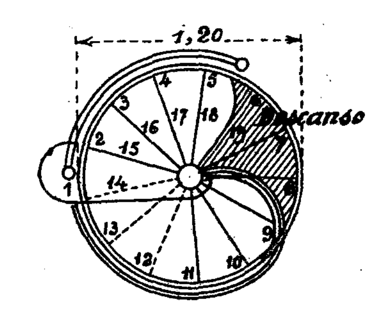
Su punto de encuentro *J* será el centro de cuadrante de acuerdo.

Hecho esto, se divide el cuarto de círculo en un número de partes iguales, doble del de escalones que debe contener, numerando los puntos de división: *0*, *1*, *2*, etc.; uniendo *J* con los puntos *1*, *3*, *5*, etc., se obtendrá el ancho de los peldaños junto a la zanca. Prolongando *J3* hasta *e*, se toma la longitud *be* desde *e* hasta *t*, después se traza *tg* perpendicular a *et* y *bg* perpendicular a *eJ*. El punto *g*, así determinado, es el centro del arco *bt*.

Del mismo modo se obtendría el punto *k*, centro del arco *ai*, y se opera análogamente para los dos arcos de los peldaños *7* y *8*.

Escaleras de caracol. — En las escaleras de caracol propiamente dichas (figuras 1469 y 1470) los peldaños van ensamblados en un núcleo o alma y ligados, entre sí, por una zanca.

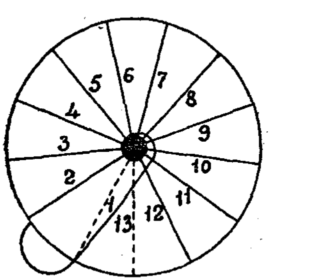
Cuando la escalera está contenida en una caja, cilíndrica o prismática, puede suprimirse la zanca y los peldaños se empotran en las paredes de la misma (figs. 1471 a 1473). Si la zanca tiene solamente puntos de contacto con los muros, deben aprovecharse para empotrarla en ellos a fin de aliviar la fatiga de los peldaños.

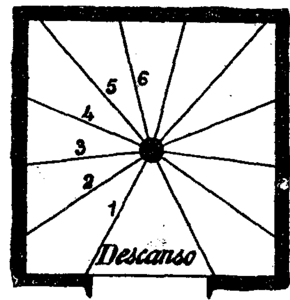


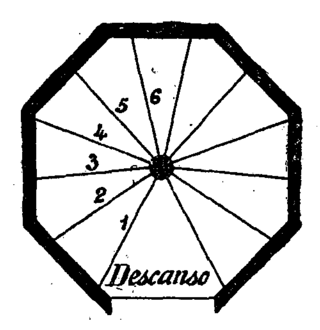
Figs. 1469 y 1470.—Escalera de caracol ordinaria.

Esta forma de escalera encuentra aplicación en las tiendas, trastiendas, etcétera, para comunicar directamente, bien con el sótano o bien con el primer piso.

Ordinariamente, se dispone de poco sitio para el emplazamiento de estas escaleras, por lo cual se reduce, a veces, el ancho a 50 y aun







Figs. 1471 a 1473. — Plantas diversas para escaleras de caracol.

a 45 cm, de manera que la huella en el centro de los peldaños resulta muy pequeña, de unos 15 cm aproximadamente. Otra dificultad que

ha de solventarse en estas escaleras es la de obtener el vuelo o altura de paso, necesaria para poder subir o bajar sin encorvarse.

Esta altura, con raras excepciones, no debe ser inferior a 1,85 ó 1,90 m; es fácil comprender que, entonces, es imposible aumentar la huella de los peldaños. Por ejemplo, si queremos que tenga 25 centímetros para apoyar sólidamente el pie—suponiendo una escalera de 50 cm de ancho, y que el núcleo tenga 10 cm de diámetro — el radio de la línea de huella en el centro del peldaño valdrá: $0{,}05 + 0{,}25 = 0{,}30$ m, y el desarrollo de la misma: $2\pi \times 0{,}30 = 1{,}885$ m; dividiendo esta longitud por 0,25 m obtendremos siete escalones y medio aproximadamente; tomando ocho y dándoles una altura máxima de 0,19 m se obtendrán $8 \times 0{,}19 = 1{,}52$ m de elevación entre el primero y el octavo peldaños, altura insuficiente para pasar sin encorvarse.

Se ve, pues, que el trazado de estas escaleras resulta forzosamente limitado, tanto en alzado como en planta.

Dadas las dimensiones del espacio disponible y la altura que hay que salvar, se divide la circunferencia en trece partes iguales (figura 1470) y la altura en peldaños de 17 cm por lo menos.

Trece peldaños en planta dan catorce alturas: deduciendo la del décimocuarto, debajo del cual se pasa, se tendrá un paso libre de $0{,}17 \times 13 = 2{,}21$ m; debajo del descansillo superior, suponiendo que abarque dos peldaños, la altura libre valdrá: $11 \times 0{,}17 = 1{,}87$ metros.

Para aumentar la altura de paso lo más posible, se da al descanso la forma curva que indica la parte rayada de la figura 1470.

Escaleras de caracol con ojo.—Las escaleras de caracol con ojo o escaleras helicoidales, no presentan la misma dificultad, para la altura de paso, que las ordinarias de alma; la compensación también

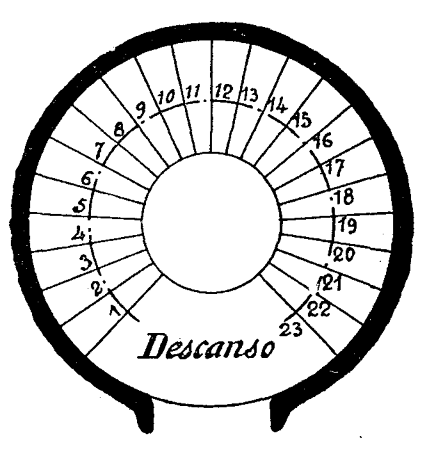


Fig. 1474.
Escalera helicoidal.

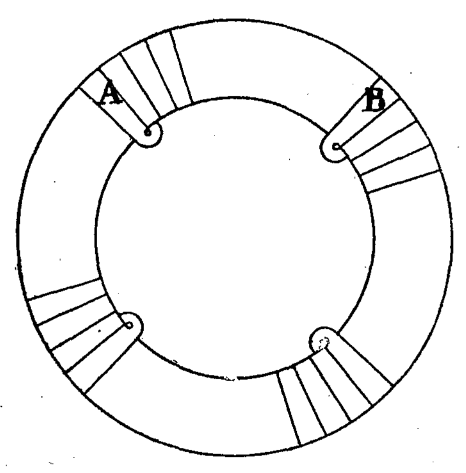


Fig. 1475.—Escalera helicoidal de tramos superpuestos.

es más sencilla, pues la dimensión del peldaño, junto a la zanca, no es nula como en las escaleras de alma, sino que es tanto mayor cuanto mayor es el radio del ojo (figs. 1474 y 1475).

Si el hueco u ojo es considerable resulta posible construir tramos superpuestos (fig. 1475), con la única condición de que haya bastantes escalones entre *A* y *B* para asegurar el paso por debajo del tramo *B*.

En las formas oval y elíptica (figura 1476) la compensación es más difícil y hay que recurrir al segundo procedimiento que hemos indicado anteriormente (véase la figura 1464).

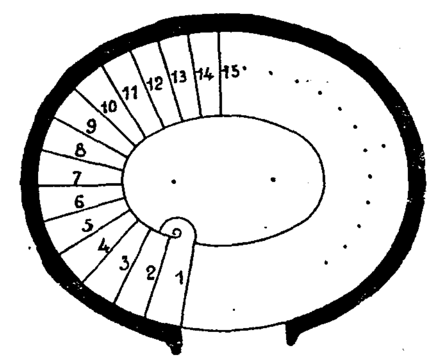


Fig. 1476.—Escalera elíptica.

En las casas de habitación, donde las escaleras sean de mucho tránsito, no deberán emplearse las de este tipo sino cuando el ojo pueda alcanzar por lo menos 80 cm de radio porque, entonces, el desarrollo de la zanca es suficiente para que—si la escalera tiene 1,20 ó 1,30 m de ancho—las huellas tengan junto a la zanca un ancho de 12 ó de 15 cm, aproximadamente.

Por ejemplo, si el tramo ha de tener 25 escalones y éstos han de medir 13 cm en la zanca, el desarrollo de ella valdrá: $0{,}13 \times 24 = 3{,}12$ m, de modo que el diámetro máximo de la zanca será de dos metros y, si la escalera tiene 1,30 m de ancho, el diámetro de la caja semicircular será de:

$$2{,}00 + 1{,}30 + 1{,}30 = 4{,}60 \text{ m}.$$

En las escaleras semicirculares o en el semicírculo que forma parte de la escalera, es preciso evitar la colocación de descansos que corten un tramo, lo que resulta feo y, además, disminuiría considerablemente la solidez, a menos de recurrir a montantes verticales para sostener la zanca.

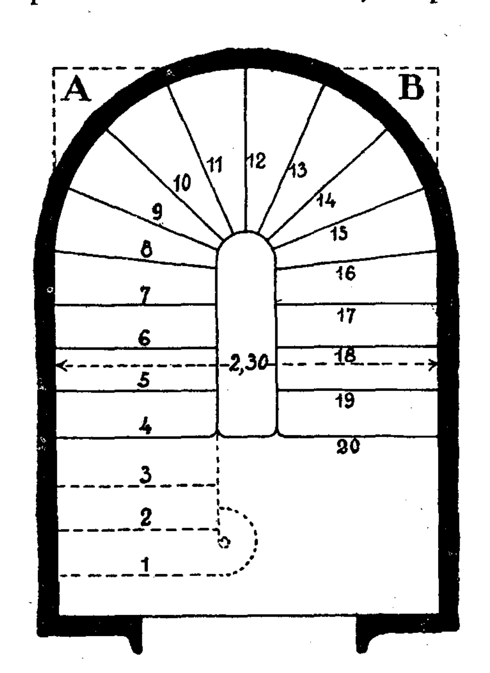


Fig. 1477.—Escalera mixta.

Escaleras mixtas.—Están compuestas de partes rectas, con peldaños rectangulares, y de partes curvas, compensadas con peldaños trapeciales; estas escaleras exigen poco espacio y son las más empleadas. Según la disposición de la planta, se puede llegar a colocar una escalera en un espacio de $2{,}30 \times 3{,}30$ m (figura 1477) para salvar una altura de 2,90 m, entre pisos, con peldaños cuya contrahuella sea de 17 cm y la huella de 23 cm; tomando peldaños de un metro de longitud, y suponiendo que sobresalgan 3 cm de la zanca, quedan: $2{,}30 - 2\,(1{,}00 + 0{,}03) = 0{,}24$ m, lo que permite también tallar más

fácilmente la barandilla de madera. Hay que observar que en esta disposición, dando la forma semicircular, se pueden emplear los triángulos *A* y *B* para colocar los tubos de bajada o aumentar en ellos el ancho de la escalera.

Escaleras en herradura. — Es una variedad de la forma semicircular. Conviene, especialmente, para el exterior en las grandes escalinatas; desde el punto de vista monumental son de un efecto grandioso.

Si se construyen de hierro, son aplicables especialmente para las escalinatas de doble acceso; los muros de alma, columnas o pilares empleados en las escaleras de sillería se reemplazan, entonces, por columnas o ménsulas, adornadas según el estilo de conjunto del edificio a que está adosada la escalera.

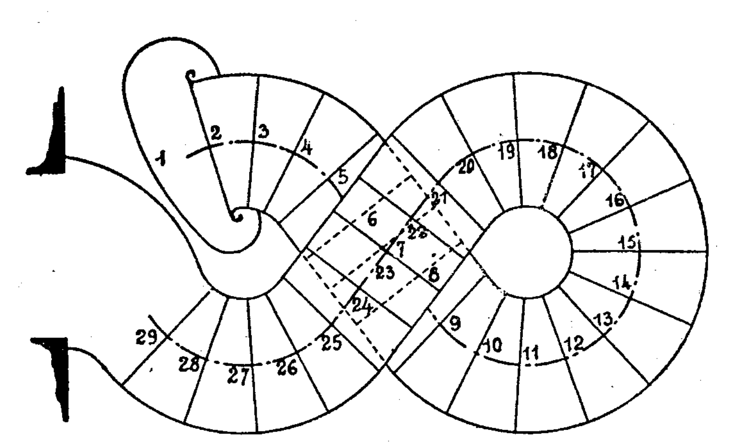


Fig. 1478. — Escalera de forma sinusoidal o en ∞.

Escaleras diversas. — Con gran frecuencia buscan los constructores formas originales y, cuando éstas están motivadas por una ventaja o una utilidad, el resultado tiene que ser bueno, puesto que se ha hecho buen empleo de la forma o del material y, por lo tanto, la construcción es racional. La forma en ∞, por ejemplo (fig. 1478), tiene la ventaja de dar más desarrollo a la zanca, en un espacio más limitado.

Las escaleras exteriores son, casi siempre, voladas o parcialmente embebidas en las fachadas. Como que están expuestas a la intemperie, suelen construirse de fábrica (véase pág. 122), aunque a veces son de hierro.

MONTAPLATOS, MONTACARGAS Y ASCENSORES

Con los progresos de la industria, el *confort* de las habitaciones tiende a perfeccionarse cada vez más; se busca todo lo que puede proporcionar comodidad y todo lo que puede evitar una fatiga. Además, dado el gran valor que alcanza el terreno en las ciudades grandes, hay necesidad a veces de dar gran elevación a los edificios para repartir el precio del terreno entre el mayor número posible de pisos.

Estas consideraciones han inducido a los constructores a idear aparatos para subir, sin fatiga, bultos o personas.

Debemos advertir que no vamos a ocuparnos aquí del mecanismo propio de cada uno de los aparatos, pues tratamos únicamente de dar algunos datos generales que permitan calcular, para el proyecto del edificio, el sitio necesario para emplazar aquéllos y darse cuenta, dentro de ciertos límites, de las disposiciones especiales que en cada caso particular haya necesidad de tomar.

Montaplatos. — En los hoteles particulares, construídos generalmente sobre superficies restringidas, las cocinas están casi siempre en el sótano, y la escalera de servicio (cuando la hay) no se encuentra en la proximidad del comedor. Entonces, para evitar el paso de los platos por las habitaciones, vestíbulos, etc., hay que recurrir al establecimiento de un montaplatos que vaya desde la cocina, situada en el sótano, a la recocina, situada en el piso bajo junto al comedor.

Lo único que interesa al arquitecto es saber las dimensiones mínimas que se pueden dar al hueco que da paso al montaplatos: esta abertura, practicada en el suelo, depende del tamaño de la caja de madera que, para lo que se ha convenido en llamar *servicio ordinario,* no puede tener menos de 40 × 60 cm. A estas medidas, que pueden aumentarse con arreglo a las necesidades, conviene agregar 5 y 20 cm respectivamente, de modo que el hueco o caja del montaplatos tenga: 45 × 80 cm (figura 1479).

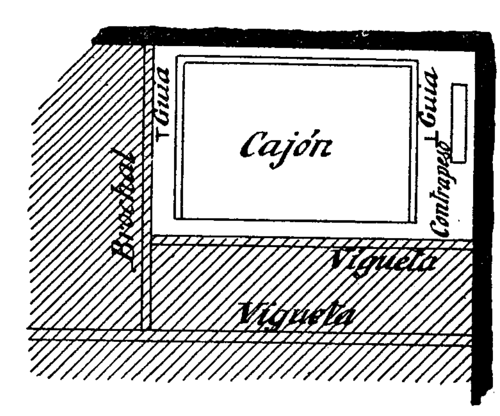


Fig. 1479. — Emplazamiento de un montaplatos.

Hemos hablado sólo de los hoteles particulares, en los cuales no se ha previsto escalera de servicio, lo que obliga a servirse de la escalera principal para subir los objetos pesados y los susceptibles de ensuciar y deteriorar. Dentro de ciertos límites, se obviaría este inconveniente construyendo el montaplatos un poco más resistente, de modo que sirva de *montacargas ligero* para todos los pisos. Entonces, hay que dejar mayor hueco para el cajón.

Montacargas.—Estos aparatos no se distinguen de los montaplatos sino en su estructura más potente y en la forma del cajón, que no es cubierto. Las dimensiones de la caja se determinan, como en el caso anterior, por las del cajón agregándoles 7 y 20 cm respectivamente: así un cajón de 0,75 × 1,00 m — que es un buen tamaño — requiere un hueco de 0,82 × 1,20 m. Estos montacargas son, como los montaplatos, de *cuerda sin fin* con topes automáticos y freno. Pueden subir una carga de 400 ó de 500 Kg; para elevar un peso mayor se emplea el montacargas movido por torno.

Ascensores.—Los ascensores pueden clasificarse en dos sistemas bien distintos: los *ascensores con pozo* y los *ascensores sin pozo;* los primeros pueden colocarse en un patio, sobre un terraplén, etc., los segundos necesitan, casi todos, un sótano.

Un ascensor debe colocarse de modo que tenga fácil acceso desde el descanso de la escalera donde están las entradas a los pisos; estos aparatos suelen ocupar el hueco de la escalera y estar unidos al descanso por una pasarela (fig. 1480). Se construyen ascensores de todos tamaños, pero deben ser capaces, por lo menos, para dos personas, lo que exige para el *camarín* 0,80 × 1,20 m, aproximadamente, y añadiendo el sitio necesario para las guías y contrapesos: 0,85 × 1,60 m. Estas dimensiones son un mínimo, pero, desde luego, pueden ser mayores.

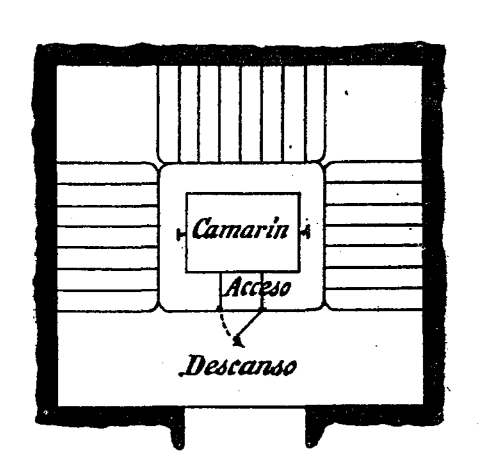


Fig. 1480.—Emplazamiento de un ascensor.

Antiguamente, los ascensores empleaban fuerza hidráulica, para lo cual se instalaba una bomba accionada por máquina de vapor, la cual daba presión al agua, valiéndose de un acumulador hidráulico. En ciertos casos, se centralizaba la producción de fuerza hidráulica en un solo sitio desde el cual — mediante una red de tuberías — se alimentaban diversos ascensores, situados a mayor o menor distancia. Uno de los primitivos sistemas consistía en un cilindro cuyo émbolo, por efecto de la presión hidráulica, tenía una carrera igual a la altura de ascensión de la cabina (equilibrada por un contrapeso); claro está que se necesitaba un pozo de profundidad igual, para alojar el émbolo y el cilindro, lo cual era muy costoso, sobre todo si el terreno era flojo. Se ideó luego fraccionar el émbolo en cinco o seis tubos de diferentes diámetros que penetran unos en otros, a modo de un telescopio. El cilindro o cuerpo de bomba queda reducido, así, a la longitud de uno de los elementos componentes del émbolo.

Durante el ascenso, se desarrollan los elementos sucesivamente, y la columna del agua se eleva en el interior, formando una especie de pilar líquido que sostiene el camarín.

En los ascensores hidráulicos perfeccionados, el émbolo da al camarín una carrera doce veces mayor que su longitud, merced a una combinación de poleas móviles.

En la actualidad, sobre todo para las casas de habitación, no se instalan sino ascensores eléctricos, pues en todas las poblaciones de mediana importancia existe hoy distribución de energía eléctrica, resultando más económico el ascensor, a la vez que ocupa menos sitio y es de más fácil manejo. Esencialmente, la instalación se reduce

a un electromotor combinado con un torno (todo instalado en la planta baja o en el sótano) donde se arrolla un cable que sube hasta una polea de retorno y vuelve a bajar para suspender el camarín, que se equilibra con un contrapeso. La puesta en marcha y paro del ascensor se opera, en general, desde fuera o desde dentro indistintamente, mediante un sistema de contactos que, además, permiten hacer bajar el ascensor vacío cuando se ha llegado arriba, o hacerlo subir desde arriba. De ordinario, el ascensor no funciona si la puerta del camarín queda algo abierta, con el fin de evitar desgracias.

Montavehículos.—La falta de espacio fuerza, a veces, a disponer las cuadras en los sótanos, y como no se podría recurrir a un plano inclinado, pues ocuparía con exceso el terreno ganado, se ha ideado el construir una gran plataforma maniobrada por un torno o por un émbolo hidráulico. El vehículo se coloca sobre la plataforma, desciende hasta la cuadra y, después, la plataforma (maciza o embaldosada de vidrio) vuelve a su sitio, a nivel del patio. Las dimensiones de esta plataforma son: 2,20 × 3,10 metros.

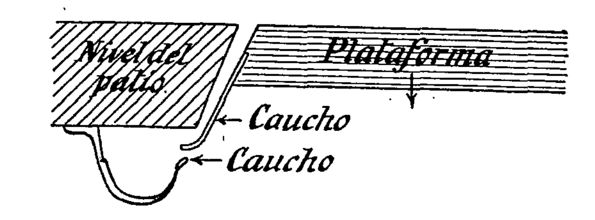


Fig. 1481. —Junta con colector de agua en una plataforma montavehículos.

El inconveniente de estas plataformas móviles es que las aguas de la limpieza del patio van a parar al sótano. Para nosotros, que hemos visto ensayar sin resultado gran número de procedimientos, lo más sencillo es recoger el agua que puede pasar por la junta, lo que se consigue con el procedimiento representado en la figura 1481.

CAPÍTULO XII

Distribución de agua y saneamiento

Distribución de agua. – Elementos que integran la distribución de agua en una casa. — Diámetro de las tuberías de distribución.—Filtros. — Grifería: grifos ordinarios, llaves de paso, llaves de aforo, válvulas de tornillo, válvulas de cierre automático, grifos de rótula, grifos de cuello de cisne.
Saneamiento.—Materiales de que deben construirse las tuberías de saneamiento.—Sifones: condiciones que deben satisfacer los sifones. — Evacuación de las aguas sucias. — Evacuación de las aguas pluviales.—Canalización.—Acometida a la alcantarilla.—Instalaciones de fregaderos.—Instalaciones de retretes.—Instalaciones de urinarios: urinarios de pantalla, urinarios radiales, urinarios cubiertos.—Quioscos de necesidad.—Instalaciones de lavabos.—Instalaciones de cuartos de baño.
Depuración de las aguas sucias. — Generalidades acerca de la depuración biológica.—Fosos sépticos: pozos Mouras, fosos Bezault. — Filtros oxidantes de absorción. — Filtros oxidantes no absorbentes. — Transformación de un pozo negro ordinario en foso séptico: caso de pozo negro en una población; caso de pozo negro en una casa con huerto.

DISTRIBUCIÓN DE AGUA

Elementos que integran la distribución de agua en una casa.— Muy pronto no habrá población que no esté dotada de una distribución de agua, para asegurar la cantidad necesaria de agua potable indispensable a la alimentación y a la higiene pública, así como para las fuentes y el riego de la ciudad.

Las compañías concesionarias suministran el agua de tres modos distintos:

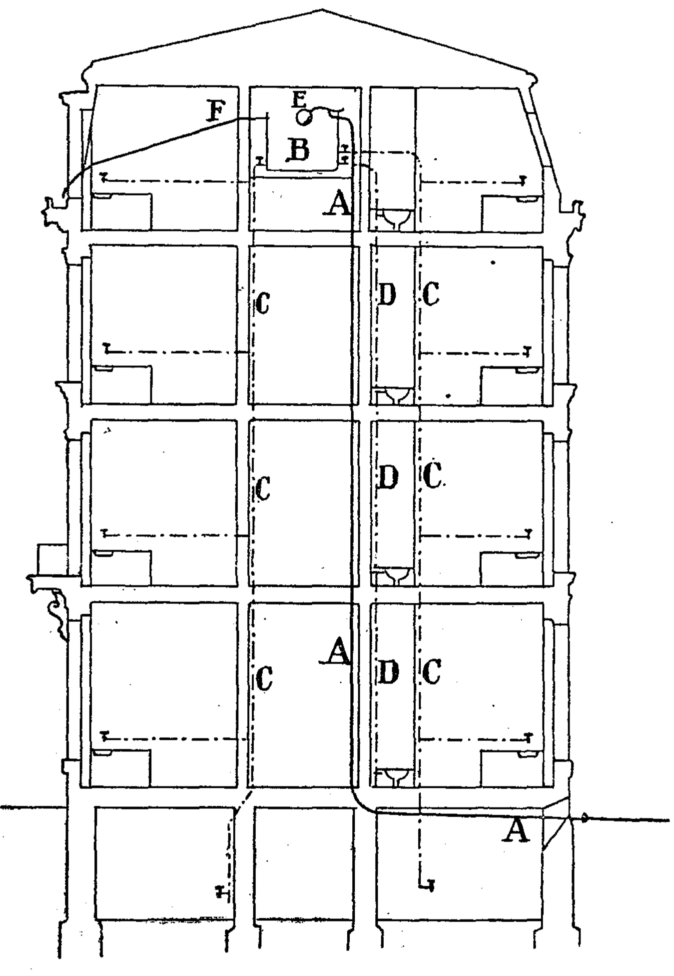
a) por volumen determinado, constante o intermitente, regular o irregular, regulado por una llave de aforo cerrada con un candado;

b) por volumen alzado y sin aforo;

c) por contador.

En el *primer caso,* la llave de aforo deja pasar por una abertura, más o menos grande, una cantidad conocida de agua en 24 horas, correspondiente a la concesión de un número determinado de litros diarios. El depósito debe tener, naturalmente, una capacidad proporcionada y, para mayor seguridad, se debe instalar en él una válvula de flotador cuya misión es cerrar automáticamente la llave de aforo, cuando el agua ha llegado al nivel máximo que permite el depósito. Además, debe tomarse la precaución de instalar en el depósito un aliviadero para que, en el caso de no funcionar la vál-

vula del flotador, pueda salir el agua sobrante e ir al canalón. El depósito se coloca en el último piso de la casa y, desde allí, se distribuye el agua a todos los pisos y al patio (fig. 1482). Hay, pues, una tubería ascendente de alimentación del depósito, que termina en la llave de aforo encima del recipiente, y otra que parte de una llave de paso, colocada en la parte inferior, y que llega hasta el piso bajo, distribuyendo el agua a cada piso por medio de derivaciones.



A, tubo de alimentación del depósito; B, depósito con llave de aforo; C, C, cañerías para el servicio de cocinas y sótanos; D, servicios de retretes; E, llave con flotador; F, aliviadero de superficie.

Fig. 1482.—Corte de una instalación para distribuir el agua a un edificio.

En el *segundo caso,* la distribución se llama *de caño libre,* disponiéndose de agua a presión, en cualquier cantidad y a cualquier hora, sin necesidad de recurrir al depósito. Es prudente colocar una llave de paso a la entrada de la tubería general en el inmueble y, también, en el ramal de cada piso.

Por último, en el *tercer caso,* que es el más usado, no se paga más que la cantidad de agua consumida, que ha quedado registrada en un contador.

Nunca serán excesivos los cuidados que se tengan, al colocar las tuberías del agua en el interior de las habitaciones, pues basta la rotura de un tubo para causar daños considerables.

Suponiendo una *casa de alquiler* ordinaria, vamos a estudiar brevemente la distribución de agua.

En primer lugar, hay que hacer la acometida o derivación de la tubería general que pasa por la calle, con un tubo de plomo de 25 × 40 mm (diámetros

Fig. 1483.—Junta de tubos de plomo.

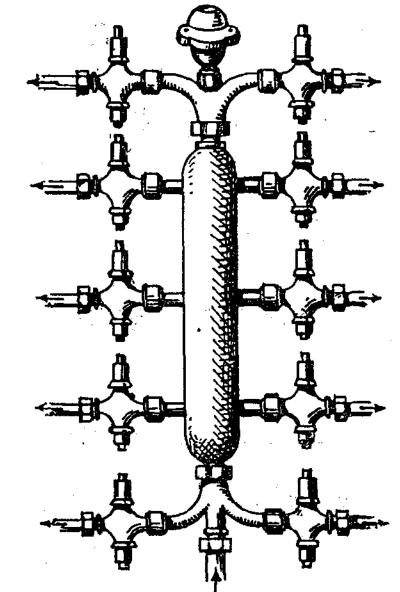


Fig. 1481.—Alimentador de una distribución.

interior y exterior, respectivamente) que se coloca en zanjas, en el exterior, hasta el contador, donde se empalma rebordeando los extremos del tubo y sujetándolo con una brida suelta a la platina del contador; la impermeabilidad de la junta se asegura por una rodaja de cuero engrasado, comprimida por los pernos (fig. 1483). El número de grifos que pueden alimentarse, como máximo, con una acometida de longitud media, suponiendo que la presión en la tubería general sea de 30 metros de columna de agua, es:

acometida	de 20 mm	de diámetro	interior	10 grifos
»	» 27 »	» »	»	15 »
»	» 40 »	» »	»	40 »
»	» 60 »	» »	»	130 »

si se excede de estas cifras, la distribución resulta defectuosa.

El contador tiene bocas de 20 ó 25 mm y a veces más; se coloca sobre dos ménsulas de hierro, empotradas en el muro; del contador parte un tubo de plomo, de 20 × 34 mm, que va a parar al alimentador de distribución (fig. 1484), del que salen, en una instalación bien hecha, tantas tuberías como servicios distintos haya, de modo que se pueda interrumpir total o parcialmente la distribución de agua, sea para reparar una avería, sea para cortar el agua de un cuarto desalquilado; la ventaja de emplear un alimentador es indiscutible, porque permite, sobre todo, evitar los accidentes producidos por las fugas del agua, pues cada tubería que parte del mismo tiene su llave de paso.

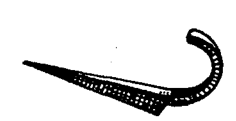


Fig. 1485. — Escarpia para fijar la tubería de plomo a las paredes.

En el sótano se dispone una toma de agua, con un tubo de 13 × 25 mm, que parte del alimentador general y termina una llave de presión (fig. 1493) — que se cierra automáticamente — colocada encima de un sumidero de sifón, empalmado con la tubería general de desagüe. La misma instalación se hace en el patio, en forma de fuente. Del alimentador parten, asimismo, diversas tuberías de 20 × 34 mm que llevan el agua a cada cuarto. De cada tubo se derivan dos ramales de plomo: uno de 13 × 25 mm con un grifo de 14 mm de paso, para el servicio del fregadero, y otro tubo igual que lleva el agua a los retretes.

Los tubos se fijan a los muros por medio de collares empotrados y de escarpias de gancho, como la que representa la figura 1485.

Diámetro de las tuberías de distribución.—En las casas de alquiler, hoteles, etc., pueden adoptarse los siguientes *diámetros interiores* para las tuberías de distribución de agua:

para un fregadero: entrada 13 mm; salida { vertical . . 50 mm, oblicua . . . 65 mm,
para un lavabo: entrada 13 mm; salida 25 a 35 mm,

para un retrete: entrada 20 mm; salida . . { vertical. 80 a 125 mm, oblicua . 125 a 160 mm,
para una bañera, ducha, etc.: entrada 20 mm; salida 30 a 45 mm.

Por lo demás, se puede calcular el espesor que deben tener los tubos de plomo, de cobre, de hierrro dulce y de fundición por las fórmulas siguientes, en las cuales se representa por:

e el espesor del tubo en mm,
h la carga de agua expresada en m,
d el diámetro del tubo en m,
k el coeficiente de trabajo del metal a la tracción en Kg/mm^2.

Para el *plomo,* adoptando $k = 0{,}325\ Kg/mm^2$ (una cuarta parte de su resistencia por tracción):

$$e = \frac{hd}{2k} = 1{,}54\ hd.$$

Para la *fundición* se adoptará $k = 2\ Kg/mm^2$, pues su resistencia por tracción es de 13 a 14 Kg/mm^2, de modo que

$$e = 0{,}25\ hd.$$

También se pueden emplear las fórmulas siguientes, en las que e representa el espesor del tubo en metros, n la presión de servicio en atmósferas (10,33 m de columna de agua equivalen a 1 atm) y d el diámetro en metros:

plomo	$e = 0.005 + 0{,}00242\ dn$
fundición colando horizontalmente .	$e = 0{,}010 + 0{,}00200\ dn$
» » verticalmente . .	$e = 0{,}008 + 0{,}00160\ dn$
cobre laminado	$e = 0{,}004 + 0{,}00147\ dn$
hierro dulce.	$e = 0{,}003 + 0{,}00086\ dn$
zinc.	$e = 0{,}004 + 0{,}00620\ dn$

Filtros.—A medida que aumenta la densidad de población de una comarca y que se desarrolla su industria, la aglomeración en grandes centros produce, forzosamente, una contaminación de los cursos de agua que arrastan todas las deyecciones de las ciudades y las materias orgánicas procedentes de los grandes centros industriales.

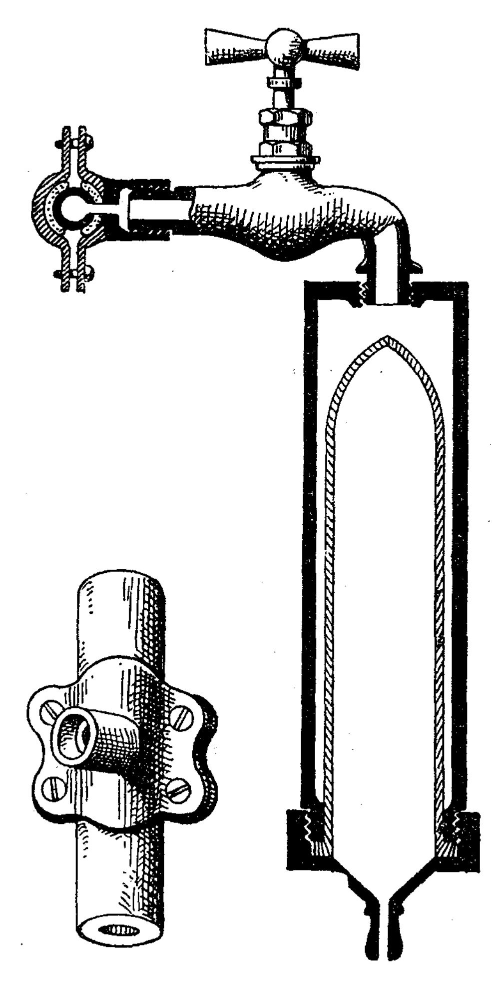
Las aguas contaminadas son impropias para la alimentación y para todos los usos en que tengan que ponerse en contacto con el organismo humano. Los trabajos microbiológicos de Pasteur, Koch, Brouardel y tantos otros sabios, han demostrado la imperiosa necesidad de dar al agua una pureza absoluta.

Efectivamente, según las pruebas irrefutables que ha puesto de manifiesto el microscopio, el agua es el vehículo de casi todas las epidemias y, además, las materias orgánicas y parásitos que puede contener dan lugar a numerosas enfermedades.

A Pasteur corresponde la gloria de haber dado cuerpo a las hipótesis sentadas por otros sabios y de haber demostrado la presencia constante de seres organizados, infinitamente pequeños, en el agua de los ríos.

El número de bacterias que se encuentran en el agua es muy grande, pues oscila entre miles y millones por litro, según la procedencia de las mismas, aunque una de las cosas principales que hay que tener en cuenta es no sólo la *cantidad* sino también la *calidad*, pues, como sabemos, hay especies saprofíticas y patógenas.

Parece que se ha comprobado que la impureza de las aguas empleadas en la alimentación es la causa predominante, si no única, de las epidemias de fiebres tifoideas, cólera, disentería, etc. Asegurar en cada localidad la pureza de las aguas potables debe ser la primera preocupación del higienista. Pasteur ha definido su teoría de la manera siguiente: «Las enfermedades virulentas y contagiosas no son espontáneas: todas tienen por origen un fermento de enfermedad animado, con vida propia: un microbio. Destruid los microbios de la fiebre tifoidea, de la difteria, de la escarlatina, del cólera, etcétera, y jamás veremos aparecer un solo caso de estas enfermedades».



Figs. 1486 y 1487.—Filtro de porcelana.

La ciencia debe buscar, pues, el medio de purificar el agua de una manera absoluta. Es preciso encontrar una materia filtrante capaz de detener los microbios, bacilos, bacterias, etc., sin alterar las cualidades indispensables del agua que se emplea en la alimentación.

La cuestión no fué resuelta inmediatamente. Los bacilos y los microbios, seres infinitamente pequeños, pasaban a través de todos los filtros que se hacían de carbón prensado, de gravilla, de arenisca, de fieltro, lana, etc. Pasteur indicaba, en 1877, que la distinción entre aguas potables y aguas infecciosas no puede apoyarse en el color, olor, o sabor del agua, ni en su análisis química; únicamente la análisis microscópica podrá revelar la presencia de seres que escapan a cualquier otro género de investigaciones.

Fué en 1881 ó 1882, creemos, cuando se hicieron los primeros ensayos con los filtros de porcelana. El Dr. Gautier fué el que hizo

las primeras aplicaciones para la esterilización de los medios de cultivo, y en seguida lo experimentó Pasteur y formuló su apreciación: «el filtro de porcelana es el único que puede oponerse, de un modo eficaz, a la transmisión por el agua de las enfermedades epidémicas».

Vamos a describir un filtro de porcelana del tipo Mallié. La filtración se hace a presión o sin presión y la bujía filtra desde el interior o desde el exterior indistintamente, pudiéndose obtener todas las ventajas de la filtración química, por la posibilidad de rellenar la bujía con polvo de carbón.

Una disposición muy ingeniosa, debida a Mallié, permite colocar el aparato en cualquier sitio donde haya una tubería; ordinariamente, se suelda la llave del filtro a la cañería de agua de la ciudad; pero, con el procedimiento de Mallié, la llave puede colocarse en un punto cualquiera de la conducción, sin soldadura de ninguna clase. Para hacer una derivación en una cañería, se emplean un par de bridas, una de las cuales lleva un apéndice roscado (figs. 1486 y 1487) y se ajusta contra el tubo de plomo, interponiendo, para asegurar la impermeabilidad de la junta, una rodaja de cuero o de caucho; después se aprietan las bridas, por medio de tornillos, se perfora el tubo de plomo de la distribución, exactamente en el centro, y se atornilla la llave. Si el filtro debe colocarse lejos del sitio por donde pasa la cañería, se hará el injerto o derivación por el mismo procedimiento, empalmando un tubo que se prolongará hasta la llave del filtro.

Los aparatos que filtran desde el interior son de dimensiones reducidas, pues tienen 8 cm de diámetro por 25 cm de altura, lo que permite colocarlos en cualquier sitio, sin cambiar en nada la instalación existente, bastando empalmar la llave en el punto que se desee.

El filtro propiamente dicho se compone de una bujía de *bizcocho de porcelana*, encerrada dentro de una gruesa envolvente de cristal suspendida, a su vez, por la armadura exterior de alpaca inoxidable.

Las impurezas y materias de todas clases, detenidas por la filtración, no penetran en la masa de la porcelana, lo que se comprueba cada vez que, por un golpe u otra causa, se rompe una bujía, pues aparece la porcelana absolutamente blanca. Esta impenetrabilidad de la porcelana hace que la limpieza sea muy sencilla, pues basta quitar la costra formada sobre la pared interior (o exterior, según el sentido de la fiiltración), destornillando la abrazadera y limpiando la bujía con un cepillo. Para mayor seguridad aún, si se quieren destruir todos los vestigios de microbios, conviene colocar la bujía en agua hirviendo o pasarla por el fuego.

El agua, al penetrar en el aparato, comprime el aire, acumulándolo en la envolvente, hasta la presión de dos a cinco atmósferas

(según la del agua); este aire satura por completo el agua. De aquí procede el nombre de *aerofiltro* que se ha dado a este aparato.

La figura 1488 muestra, como ejemplo, el conjunto de una instalación para cocina. Se ve en ella el barrilete, pequeño depósito de vidrio o de gres donde se recoge el agua filtrada, el cual está provisto de un aliviadero B, que descarga en el fregadero, y descansa sobre un soporte de fundición empotrado en el muro.

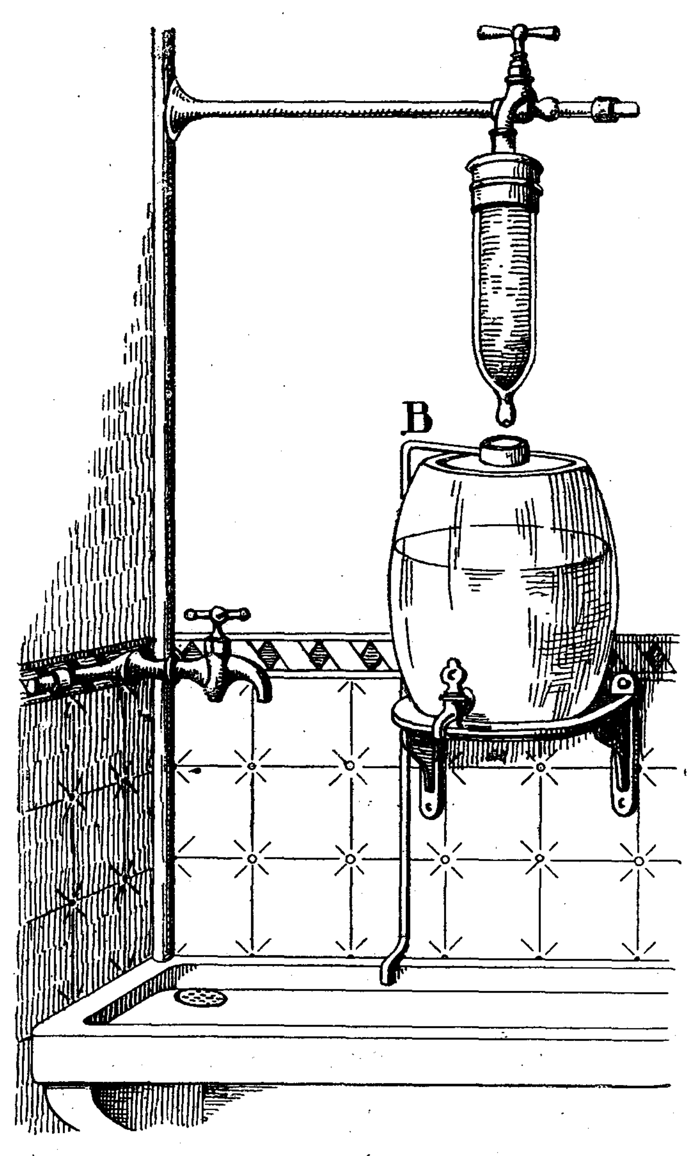


Fig. 1488.—Instalación de un filtro en una cocina.

Podrían temerse, con la filtración desde el interior y con las grandes presiones que debe resistir la porcelana, roturas. Esto está previsto, pues el aparato tiene una válvula de seguridad que cierra, instantáneamente, la entrada del agua en caso de rotura.

En los aparatos que filtran desde el exterior (fig. 1487), la envolvente es metálica: el agua se introduce entre la envolvente y la bujía y sale filtrada del interior de ésta; excepto el sentido de la filtración, el principio es el mismo que en el caso precedente. Estos filtros tienen una bujía que puede dar, según la presión, de 25 a 30 litros por día y pueden colocarse en batería, es decir, reunir cierto número de bujías para obtener mayor rendimiento.

Cuando no haya distribución pública y el agua de que se disponga no tenga ninguna presión (caso que no suele presentarse, en instalaciones de alguna importancia, puesto que siempre se puede obtener cierta presión por medio de un depósito elevado) se puede emplear el filtro de sifón o, también, alimentarlo directamente desde el depósito. La cantidad de agua obtenida es de unos 12 ó 15 litros diarios.

Grifería.—No vamos a describir la gran cantidad de modelos de llaves y de grifos que produce la industria; sólo indicaremos cierto número de tipos que se diferencian entre sí por su destino, funcionamiento y ventajas especiales. Los grifos se hacen, casi siempre, de bronce o de latón y se destinan a cerrar el paso de un líquido contenido en una tubería o en un recipiente cualquiera.

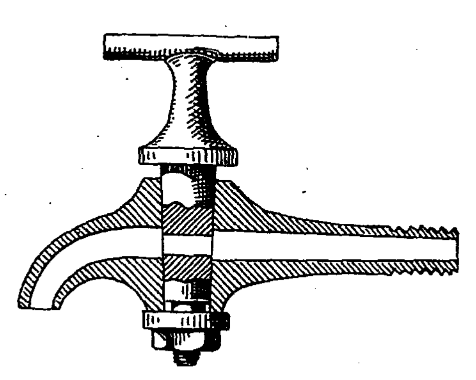


Fig. 1489.—Grifo ordinario.

GRIFOS ORDINARIOS.—Se componen (figura 1489) de dos piezas: una fija, que es la *canilla,* y otra móvil, que es el *macho.* La canilla o parte fija es un tubo provisto de un ensanchamiento donde se practica el agujero, ligeramente cónico, destinado a alojar el macho. El ensanchamiento y el agujero forman la *caja;* la cabeza del macho, especie de brazo de palanca que permite la maniobra, se llama *muletilla.* El macho tiene una abertura por la que pasa el líquido cuando aquélla coincide con el orificio de la canilla; dando un cuarto de vuelta al macho, queda cerrado el grifo.

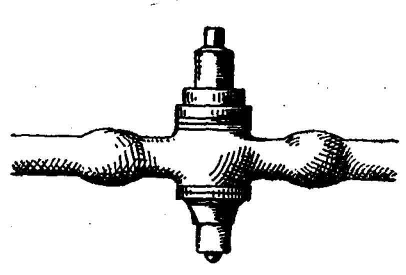


Fig. 1490.—Llave de paso.

LLAVES DE PASO.—Se diferencian del grifo ordinario en que los dos extremos de la canilla se empalman con la tubería (fig. 1490). Las llaves pueden ser de tres vías, cuyo macho tiene un agujero perpendicular al que de ordinario lleva, pero que sólo llega hasta el centro.

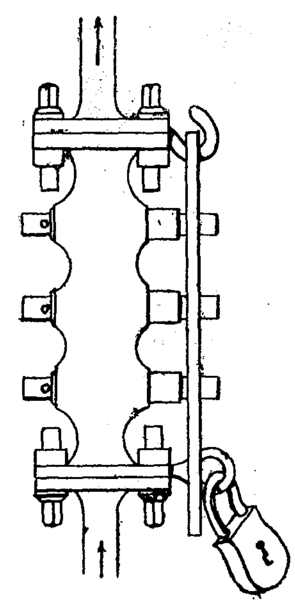


Fig. 1491.—Llave de aforo.

LLAVES DE AFORO.—La llave de aforo es una llave de dos o de tres machos (fig. 1491) que permite regular el paso de la corriente y fijar el gasto durante un período de tiempo determinado. En la figura se ve el sistema de cierre; el paso del agua está regulado por tres machos cuyas cabezas cuadradas quedan siempre en la misma línea para fijarlas, por medio de una barra con tres ojos y un candado.

También podría construirse una llave de aforo con cierre de tornillo (fig. 1492). La altura del tornillo, que se varía por cuartos de vuelta, correspondería a un gasto dado de agua en un lapso determinado; por ejemplo, en 24 horas, como es la costumbre. Como la precedente, esta llave se cerraría por medio de un pasador y un candado.

VÁLVULAS DE TORNILLO.—En éstas, el macho del grifo está substituído por una válvula que se cierra mediante un vástago roscado; permiten graduar la abertura, pero, como es algo entretenido el

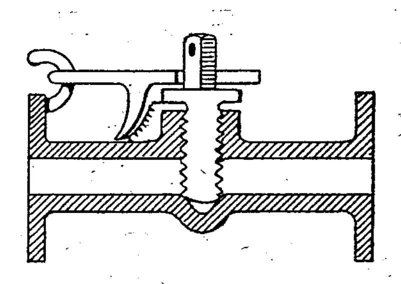


Fig. 1492.
Llave de aforo.

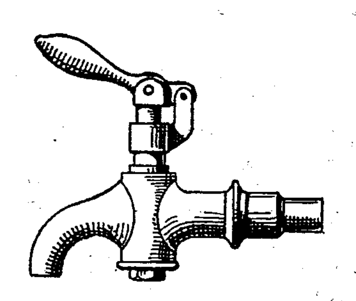


Fig. 1493.
Válvula de cierre automático.

cerrarlas, fácilmente se dejan abiertas, de modo que no convienen para cocinas.

VÁLVULAS DE CIERRE AUTOMÁTICO.—El modelo de palanca que representa la figura 1493 es muy adecuado para cocinas.

Otro tipo, más especialmente empleado en las fuentes públicas, es el representado en la figura 1494, que tiene movimiento vertical.

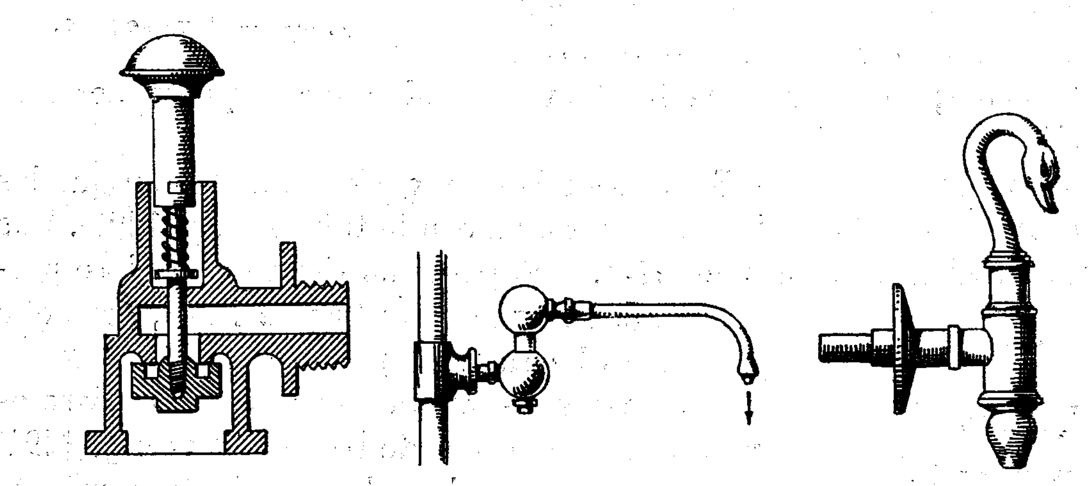


Fig. 1494.
Válvula de cierre automático.

Fig. 1495.
Grifo de rótula.

Fig. 1496.
Grifo de cuello de cisne.

GRIFOS DE RÓTULA.—Se emplean especialmente para lavabos, porque se prestan para ser utilizados como ducha; la figura 1495 representa uno de los tipos más corrientes.

GRIFOS DE CUELLO DE CISNE.—Es el grifo que se emplea con preferencia en las instalaciones de baños; la figura 1496 muestra un modelo de bastante uso.

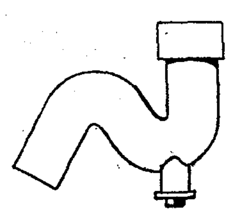
SANEAMIENTO

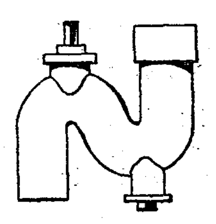
Materiales de que deben construirse las tuberías de saneamiento. —Los más favorables son: el *plomo*, porque el tubo al cual se empalma el sifón puede ser del mismo metal, al que se suelda sin necesidad de

juntas, lo cual evita que, por una unión mal hecha, escapen gases mefíticos, caso que no es raro, por muchas precauciones que se tomen; el *gres vidriado,* que se puede emplear para los sifones y tubos de los patios o enterrados en zanjas, pues siendo unos y otros del mismo material, las juntas resultan más perfectas; la *fundición,* en general, no debe emplearse más que para el paso de aguas, pero debe proscribirse para la evacuación de orines y de otras materias análogas.

Sifones.—Se fabrican de gres, de fundición o de plomo, según el diámetro y el uso a que se destinen, es decir, según las materias con que deban estar en contacto.

Los sifones para fregaderos son de plomo y tienen diámetro interior pequeño, 5 cm ordinariamente, puesto que están destinados

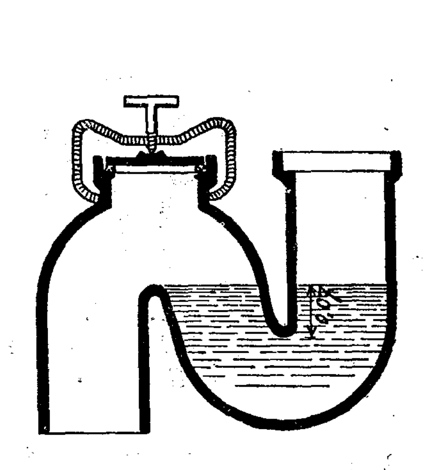




Figs. 1497 y 1498.—Sifones de fregadero.

a empalmar con los tubos de descarga (véase pág. 508) que son del mismo diámetro. Tienen uno o dos tapones para el desatranco (figuras 1497 y 1498) uno de los cuales puede utilizarse para empalmar un tubo de ventilación.

Las figuras 1499 a 1502 representan sifones de fundición. Como indica la figura 1499, conviene que la carga de agua tenga 7 cm, por



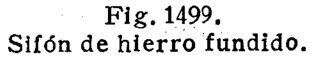


Fig. 1499.
Sifón de hierro fundido.

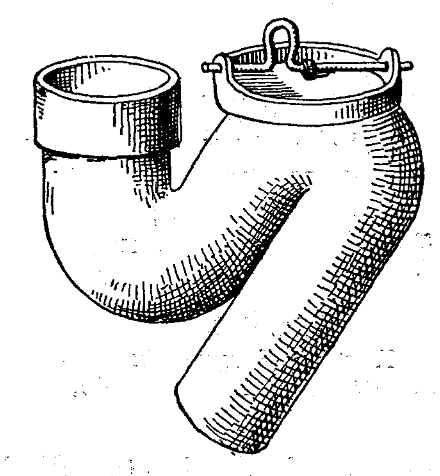


Fig. 1500.—Sifón para empalmar dos tuberías verticales en la misma alineación.

lo menos, para evitar con seguridad las emanaciones; el modelo que muestra dicha figura se presta, por ejemplo, para empalmar dos tuberías verticales que puedan quedar en distinta alineación o para

empalmar el canalón con el tubo de bajada (véase la figura 1505, más adelante). El tipo de la figura 1500 puede utilizarse para enlazar dos tuberías verticales que estén una en prolongación de la otra (*I*, fig. 1505). La forma representada en la figura 1501 sirve para enlazar una tubería vertical con otra horizontal y, por fin, el de la figura 1502 para ser intercalado en una tubería horizontal, verbigracia en la acometida a la alcantarilla pública cuando en ésta vierten tanto las aguas sucias y fecales como las de lluvia *(tout à l'égout)*. Como se ve en las figuras, todos estos sifones tienen su correspondiente registro de limpieza, siendo de apertura y obturación particularmente rápidas el sistema de las figuras 1500 y 1501. La figura 1503 representa detalladamente dicho registro: como se ve, la boca presenta una serie de acanaladuras a las cuales se amolda la junta de caucho, oprimida por la tapa. Para obturar el registro, basta dar vuelta al pasador de modo que el gancho apriete la tapa.

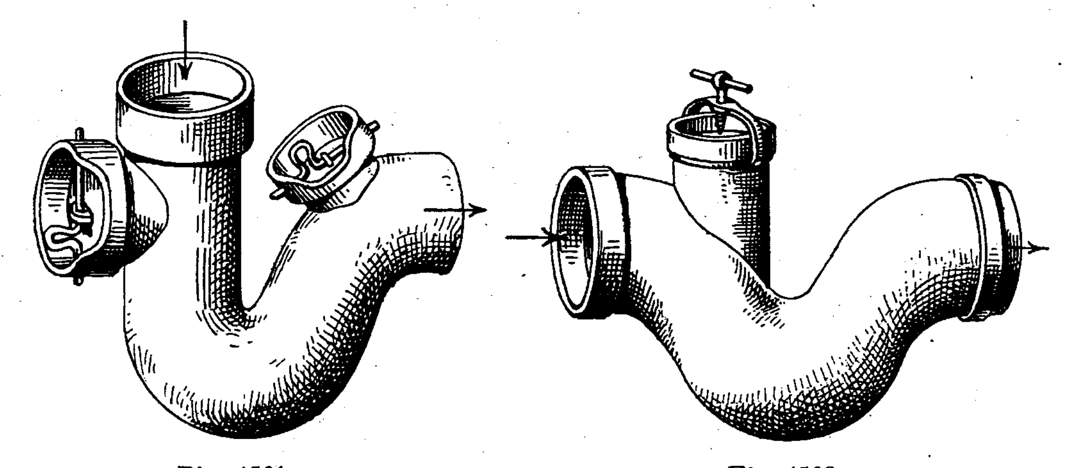


Fig. 1501.
Sifón para empalmar una tubería vertical con otra horizontal.

Fig. 1502.
Sifón para empalmar dos tuberías horizontales.

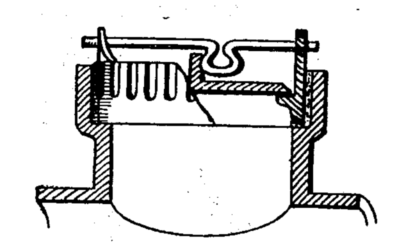


Fig. 1503.
Registro *Jacquemin* para sifones de hierro colado.

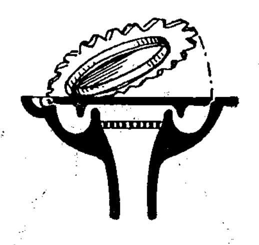


Fig. 1504.
Cierre hidráulico para fregaderos.

Como que las tuberías de bajada se construyen con tubos de enchufe y cordón, los sifones de hierro colado están dispuestos para dicho sistema de empalme (véase tabla XXIV del último capítulo).

Los sumideros que se colocan en los patios se componen: de un sifón, un registro de entrada del agua, un cestillo de palastro galvanizado —para recoger las basuras y todas las materias en suspensión

susceptibles de atrancar los tubos—y una rejilla de fundición. Estos sumideros pueden ser de sección cuadrada o circular.

En los fregaderos que no tienen sifón se emplea el cierre hidráulico que representa la figura 1504, cuyo obturador debe ser siempre de charnela.

CONDICIONES QUE DEBEN SATISFACER LOS SIFONES.—El sifón no debe presentar ángulos ni oquedades, donde puedan depositarse inmundicias que darían lugar a emanaciones pútridas.

Deben ofrecer paso libre a las descargas de agua, pero sin que éstas puedan romper la columna del cierre hidráulico, es decir, que deben hacerse con tubos redondos, encorvados de tal modo que la carga de agua sea de cuatro o cinco centímetros de profundidad.

El cuerpo del sifón que se fija en los tubos horizontales debe tener menos sección que el orificio de entrada, para que retenga la menor cantidad posible de agua—teniendo en cuenta el servicio a que se destine—y facilitar la limpieza, siempre que una descarga de agua pase a través del sifón.

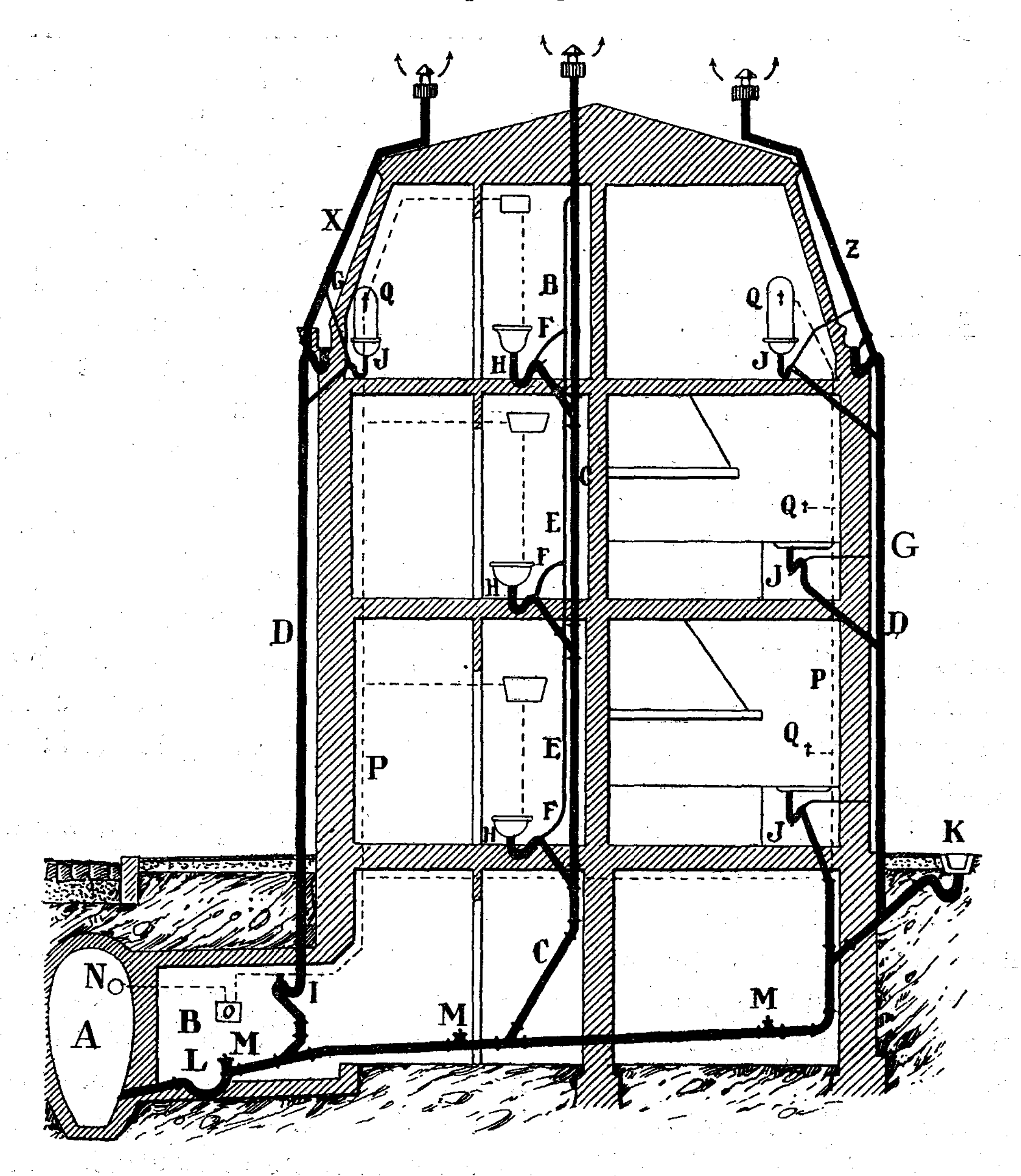
Siempre se deberá emplear, si las circunstancias lo permiten, un sifón de tamaño mínimo, pero sin olvidar tampoco las dimensiones del tubo a que ha de empalmarse ni la cantidad de agua que ha de pasar por él. Un sifón, aunque se limpie automáticamente, puede convertirse en un foco de putrefacción, si tiene demasiada sección para que pueda limpiarlo una descarga ordinaria de agua del lavabo, fregadero o retrete a que esté afecto.

La boca de un sifón provisto de rejilla (fregaderos, sumideros, etc.) debe tener más sección que su cuerpo y que el tubo de descarga al cual haya de unirse, para que las descargas de agua puedan limpiarlo; es decir, que se dará a la rejilla un diámetro bastante grande para que las partes caladas tengan una superficie igual, por lo menos, al área de la sección libre del sifón. También el plomero puede ensanchar fácilmente un extremo del tubo de plomo, para colocar en él un obturador o una rejilla de diámetro mayor que el tubo, y soldarlo al orificio del sifón. Cuando éste tiene una sección mucho más pequeña que el tubo de evacuación, no se puede enviar por él la descarga de agua necesaria para efectuar una buena limpieza.

El orificio del sifón debe disponerse de tal manera que las descargas de agua caigan verticalmente, sobre la columna retenida en el sifón, y arrastren las materias acumuladas renovando el contenido por completo.

El orificio o registro de todos los sifones, colocados en los tubos de saneamiento fuera de la casa, debe estar en comunicación con el aire libre para que los gases mefíticos, producidos por las materias en descomposición, escapen rápidamente a la atmósfera y no se introduzcan por los tubos de bajada, de desagüe o de saneamiento que descargan en estos sifones. En los países fríos, donde el agua acu-

mulada en ellos está expuesta a congelarse, el orificio de ventilación de los sifones debe estar completamente obturado y el conducto de ventilación—que ordinariamente tienen—deberá empalmarse al tubo de descarga, de bajada, etc., a cierta distancia (40 cm) de la columna del cierre hidráulico para que el aire frío no pueda conge-



A, alcantarilla pública.—B, acometida.—C, bajada de los retretes.—D, bajada de aguas pluviales.—E y F, tuberías de ventilación de los sifones.—G, tubos de ventilación de los fregaderos.—H, sifones de los retretes.—I, sifones de los canalones.—J, sifones de los fregaderos.—K, sumidero con sifón del patio.—L, sifón horizontal de la acometida. — M, tapones de desatasco. — N, tubería de distribución de agua de la ciudad.—O, contador.—P, tubería ascendente.- Q, grifos de agua.
Los ventiladores X y Z se han indicado fuera de la figura sólo para claridad de la misma.

Fig. 1505.—Conjunto de una instalación de saneamiento.

larla. Hay otra ventaja en colocar el tubo de ventilación a dicha distancia del empalme con el tubo de bajada, pues cuando se envía una descarga rápida por un tubo de desagüe, no sale de él tan de prisa como ha entrado, sino que se remansa en la parte inferior y, ascendiendo por el tubo, se introduciría fácilmente en el de ventila-

ción (si éste estuviera muy bajo), lo inundaría y podría obstruirlo. De todos modos, en nuestros climas y en las poblaciones, si los sifones están bien enterrados (en los sitios expuestos a la congelación) no es de temer ésta; sin embargo, cuando las heladas son muy intensas, es bueno extender un poco de paja sobre las rejillas de los sifones.

Evacuación de las aguas sucias.—A partir del instante en que el agua deja de ser pura y lleva en suspensión materias minerales u orgánicas, es nociva; esto es lo que pasa con las aguas utilizadas en los usos domésticos o industriales.

Conviene, por lo tanto, dar salida inmediata a las aguas contaminadas, pues, como se comprende, no puede dejarse que se estanquen o que sean absorbidas por el suelo, ya que ambas cosas no tardarían en originar focos de infección.

Los procedimientos empleados antiguamente: *pozos filtrantes, pozos absorbentes,* etc., han sido, por fortuna, casi completamente abandonados. Son admisibles, hasta cierto punto, en localidades de población muy diseminada, pero constituirían una calamidad en ciudades populosas.

En la actualidad se dirigen a la alcantarilla todas las aguas, encargándose aquélla de conducirlas a un punto donde puedan descargarse sin dar lugar a inconvenientes.

El sistema llamado de *tout à l'égout* (todo a la alcantarilla) está aplicado en muchas poblaciones grandes: Londres, Bruselas, Berlín, París, etc. Claro es que el sistema tiene sus partidarios y sus detractores, pues, aunque las condiciones de higiene y de comodidad de las habitaciones ganan extraordinariamente con este sistema de evacuación, por otra parte se tropieza con grandes dificultades para encontrar un terreno—de acuerdo con las localidades interesadas—para el paso o el depósito de las aguas procedentes de alcantarillado.

Existe un sistema intermedio entre el de pozo negro fijo y el de *tout à l'égout*. En un aparato filtrante, llamado tina, se retienen las materias sólidas dándose salida a los líquidos que diluyen y arrastran parte de los sólidos. Este sistema necesita una fosa pequeña, llamada *fosa* o *pozo móvil,* que debe tener por lo menos una superficie de dos metros cuadrados con ancho mínimo de un metro. Véanse detalles de construcción en el artículo *Pozos negros* de las páginas 79 y siguientes.

Evacuación de las aguas pluviales.—Las aguas de lluvia que caen sobre las cubiertas se consideran, casi siempre, como sucias en las ciudades; efectivamente, estas aguas encuentran en las cubiertas y canalones toda clase de impurezas arrastradas por el viento, por el humo de las chimeneas, etc. Para dar salida a las mismas se dispo-

nen tubos de bajada—de zinc o de fundición—que reciben en su parte superior el agua de los canalones, y cuyo diámetro está en relación con la cantidad de agua que pueda recibir la superficie de la cubierta durante las lluvias más intensas. El extremo inferior de estos tubos de bajada da salida al agua, de dos modos distintos: si no hay alcantarillado en la calle, por medio de una reguera, o de una gárgola de fundición que conduce las aguas al arroyo; si hay alcantarillado, el tubo de bajada va a parar a la acometida general de aguas sucias, de donde pasa a la cloaca o va directamente a la alcantarilla.

En el primer caso, como el tubo está abierto por los dos extremos, queda ventilado naturalmente; el menor calentamiento producido por el sol, en el aire confinado en el interior del tubo, establece una circulación que arrastra hacia la parte superior todos los olores que puedan proceder de los líquidos que hayan atravesado el tubo de bajada.

En el segundo caso, se deben conservar las ventajas del caso anterior, practicando una abertura para la entrada del aire, en la parte inferior del tubo de bajada; después se coloca un sifón, en la acometida de la alcantarilla, para impedir que las emanaciones de esta última salgan al exterior.

Canalización.—Entre los orificios de evacuación en las diversas partes de una casa y la alcantarilla que ha de recibir las aguas sucias, se coloca una serie de tuberías que recogen todas las aguas caseras para llevarlas a un solo punto; este conjunto de tubos se llama *canalización*.

Los materiales que deben emplearse en la canalización son: la *fundición*, para los tubos exteriores de bajada de aguas pluviales; el *plomo*, para todo lo que constituya la canalización interior; el *gres vidriado*, para toda parte colocada en zanja o enterrada.

En los detalles particulares de cada instalación indicaremos los diámetros.

Acometida a la alcantarilla.—Toda canalización requiere una acometida a la alcantarilla, es decir, una galería abovedada perpendicular a la alcantarilla pública. Esta alcantarilla particular se construía, antes, sin comunicación alguna con el inmueble, y la canalización terminaba, dentro, en un sifón. Pero la carga de este sifón era insuficiente y el aire viciado de la alcantarilla penetraba en las tuberías.

Sin embargo, adoptando la disposición de la figura 1505—como se hace hoy en París — la acometida es accesible desde la finca, pues forma propiedad de ella, y se evita el inconveniente citado prolongando la tubería y colocando en ella un sifón.

Dimensiones de las acometidas	*París*	*Madrid*
altura desde la solera hasta la clave del intradós . .	1,80	1,12
ancho interior en los arranques	0,90	0,56
ancho interior en la solera	0,50	—
espesor de la bóveda	0,22	0,14
espesor de los estribos.	0,22	0,28
espesor de la solera	0,22	—
altura de la solera sobre la de la alcantarilla pública.	—	0,14
profundidad mínima del trasdós bajo el adoquinado de la calle.	0,50	—

Las aguas que descienden por los tubos de bajada van a parar directamente encima del sifón, pero atraviesan, previamente, una rejilla protegida por otra colocada al nivel del suelo y cuyos barrotes se entrecruzan con los de la precedente.

La rejilla de protección puede reemplazarse, ventajosamente, por un cestillo móvil que recoge las materias sólidas y sólo deja pasar las líquidas. De vez en cuando, se vacía este cestillo que se ha llenado de basuras.

Instalaciones de fregaderos. — Las instalaciones ordinarias se hacen, sencillamente, sin sifón y con un cierre hidráulico como el de la figura 1504. Este sistema es defectuoso, porque rara vez puede impedir el paso de malos olores, ya que teniendo la columna líquida pocos milímetros de altura, resulta con frecuencia (sobre todo durante el verano) que el agua destinada a servir de cierre hidráulico se evapora y deja el aparato seco. Además, las partículas sólidas se aglomeran en el canal circular, de manera que éste queda sin agua.

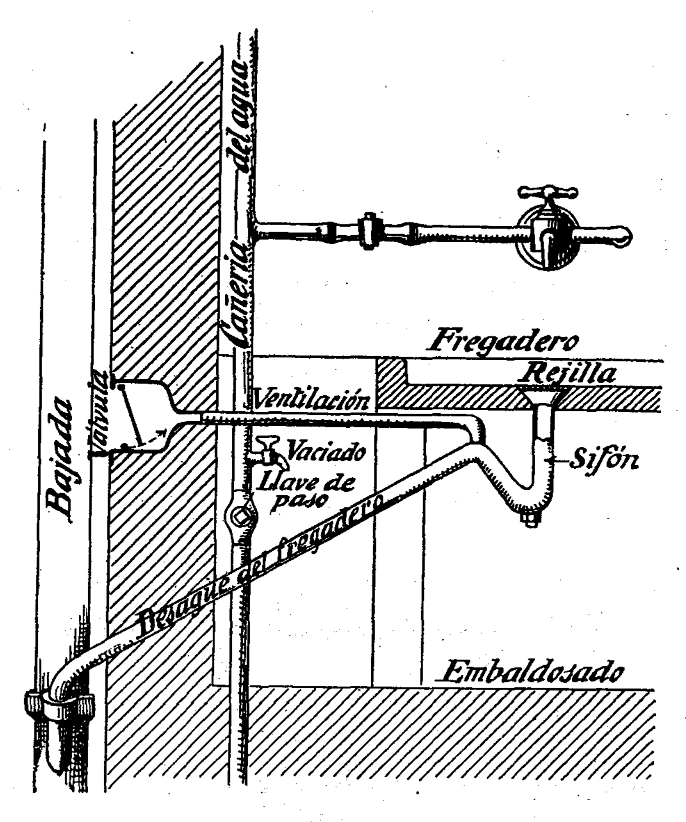


Fig. 1506. — Instalación de un fregadero.

Más perfeccionadas son las instalaciones con sifón. El fregadero, en este caso, está provisto de una rejilla para impedir que penetren las materias sólidas, y debajo (fig. 1506), entre el fregadero y el tubo de desagüe, hay un sifón. Éste se halla muy expuesto a obstruirse por las materias grasas y de toda clase que acarrean las aguas de cocina, por lo cual conviene que tenga un tapón roscado para permitir su limpieza de cuando en cuando.

En la práctica, sucede a menudo que el sifón resulta ineficaz

hasta el momento de la limpia, que se hace levantando la placa y tan a menudo como sea necesario.

Instalaciones de retretes.—El asiento del retrete *común* no era ordinariamente más que una sencilla tabla con un agujero. El retrete llamado *a la turca* es simplemente un agujero, en forma de embudo, de 15 a 20 cm de diámetro, hecho en una piedra, que constituye el suelo del retrete, al que se da cierta pendiente para que los líquidos viertan en el agujero, y a cada lado del cual se dejan dos salientes, en forma de plantillas, sobre las cuales se colocan los pies (fig. 1508). Esta clase de retretes se ha combinado—para interceptar el paso de los gases mefíticos—con diversos aparatos, de los cuales el más sencillo es el de Rogier-Mothe, que indicamos en la figura precedente.

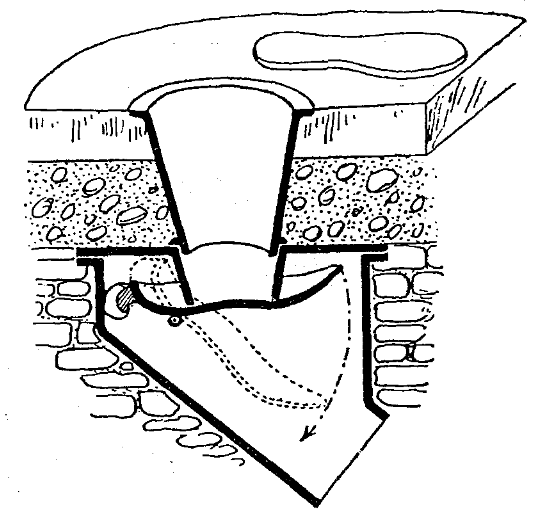


Fig. 1508.—Retrete a la turca, con aparato *Rogier-Mothe.*

Más perfectos son los retretes de báscula. El sistema Havard, que representamos en la figura 1509, se compone de un asiento que se apoya sobre dos varillas, con charnelas fijas a una palanca curvada en forma C. En el extremo de esta palanca hay un sector dentado que engrana con otro, el cual mueve la válvula que cierra el orificio interior de la cubeta; dicha palanca actúa, a la vez, de contrapeso para cerrar automáticamente la válvula. Un colector *c*, colocado al nivel del suelo, recoge los líquidos y los echa en el recipiente. Este aparato, de mecanismo excelente, tiene el inconveniente de mantener abierta la válvula durante todo el tiempo que está ocupado el asiento, lo que permite la salida de las emanaciones.

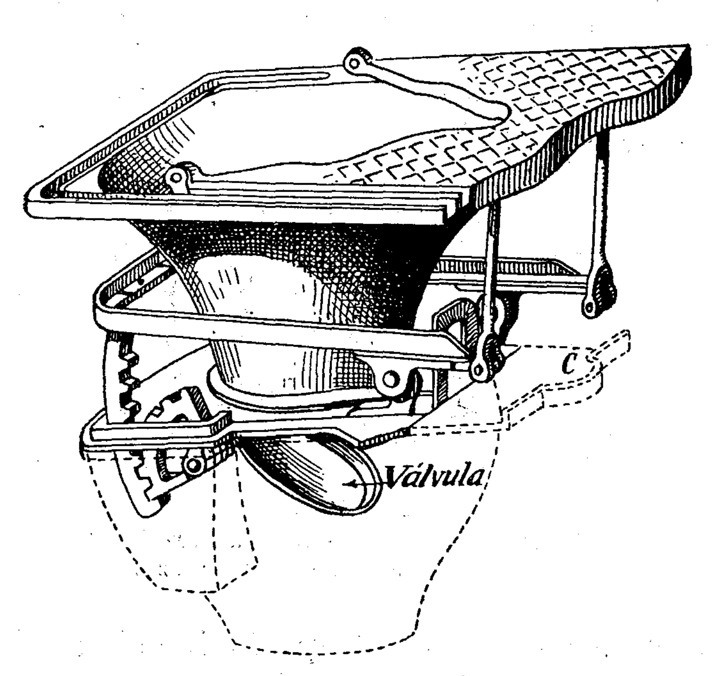


Fig. 1509.—Retrete *Havard.*

Esta clase de aparatos no se emplean más que en locales de planta baja y en los patios. En los demás pisos de las casas, aun en las de alquiler más modestas, se emplean aparatos

absolutamente, por diversas causas. Puede ser de construcción deficiente, es decir, que oponga obstáculo a la rápida salida del agua y que retenga las materias sólidas. Puede ocurrir, también, que su carga sea insuficiente, y entonces se desceban, es decir, se vacían por efecto de la aspiración—debida a una descarga violenta de cierto volumen de agua—o también por evaporación; además, una descarga de agua puede tener otro inconveniente: al hacer el vacío por arriba, produce presión por debajo y, si el sifón tiene poca carga de agua y carece de ventilación, resulta que el agua es expulsada fuera de aquél. Todo ello se remedia con la ventilación directa del mismo (figura 1506), pues no basta la ventilación del tubo de bajada solo. Efectivamente, si por el tubo de bajada desciende una gran descarga de agua, capaz de hacer el vacío, aspirará el aire por el tubo secundario de ventilación y por el tubo de descarga sin influir para nada en la carga del sifón. Cuando se trata de varios fregaderos, retretes, etc., superpuestos, se empalman los tubos de ventilación a un tubo vertical que, a su vez, desemboca en la parte superior del tubo de bajada a 1,50 m aproximadamente del último sifón (véase la figura 1505: ventilación de los sifones de retretes). Cuando se trata de un fregadero solo, se toma el aire directamente del exterior y se evitan las emanaciones por medio de una válvula de mica que sólo se abre cuando hay aspiración, es decir, cuando hay peligro de que se descebe el sifón.

Es de necesidad el recoger las grasas de que están cargadas las aguas de cocina, para impedir que vayan a la canalización, donde se coagulan, obstruyen el paso de las aguas y entran en putrefacción desprendiendo gases que fatalmente encuentran salida. Podemos citar el ejemplo de una canalización, en uno de cuyos codos encontramos quince litros de materias grasas que lo obstruían completamente.

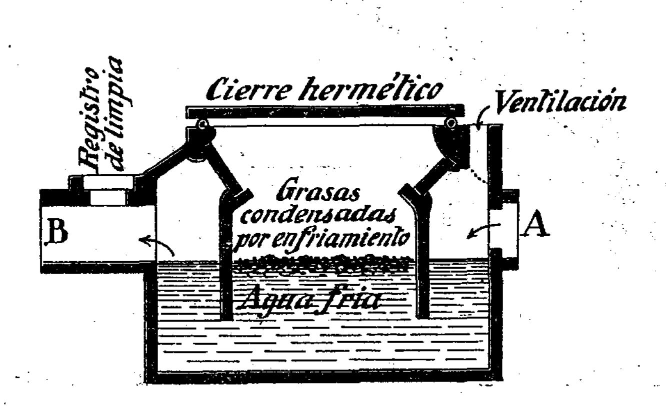


Fig. 1507. — Sifón colector de grasas sistema *Hellyer*.

La figura 1507 representa un sifón particular, ideado por Hellyer, para recoger las grasas. Es una caja rectangular de unos 0,55 m de largo con tapa de fácil desmontaje; en ella, el nivel del agua enrasa con el punto más bajo de la boca de salida, cubriendo 7 cm los bordes inferiores de dos mamparos que constituyen los tubos de entrada y de salida. De este modo, las grasas que penetran por *A* han de atravesar la capa de agua fría, para salir por *B*. En el trayecto de un tubo a otro, la grasa condensada, más ligera que el agua, sube a la superficie entre los dos mamparos y allí permanece

más perfeccionados con cubetas de porcelana, válvula de tirador y depósito de zinc colocado a cierta altura; en la figura 1510 representamos un tipo de retretes de esta clase que se encierran, ordinariamente, en una caja de encina como la representada en la figura 1511.

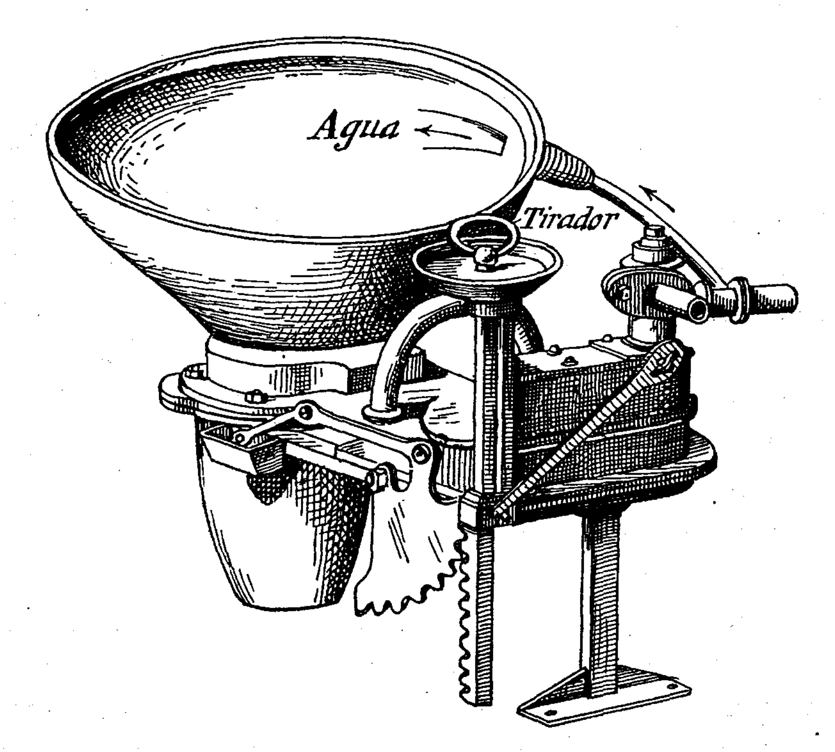


Fig. 1510.—Aparato con descarga de agua.

En la actualidad se usan cubetas-sifón *(water-closets)* de gres o de porcelana de una (fig. 1512) o de dos piezas (fig. 1513); éstos son preferibles, aunque en principio convenga evitar juntas, pero es preciso que el sifón forme parte del tubo de bajada, pues si hay que

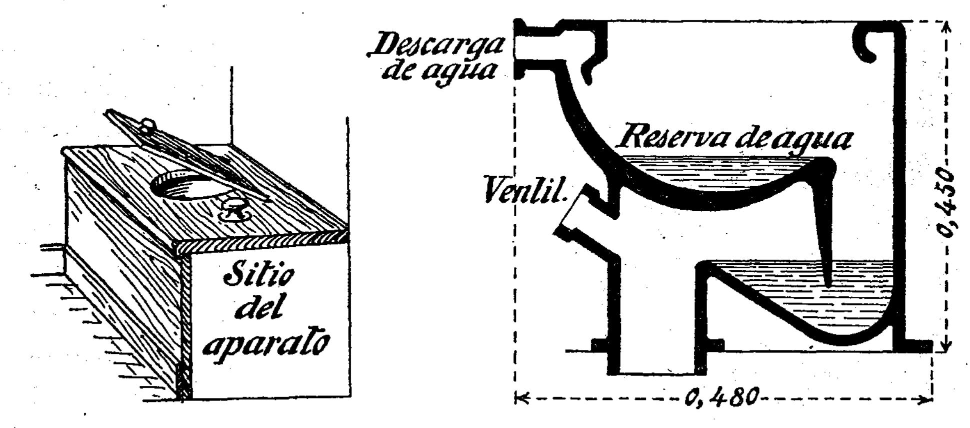


Fig. 1511.
Asiento de madera, para el retrete de la figura anterior.

Fig. 1512.
Corte de una cubeta-sifón *(water-closet)* de porcelana, de una sola pieza.

hacer alguna reparación en el aparato, se puede quitar la cubeta sin exponer la casa a las emanaciones del tubo de bajada.

Hay todavía otra razón, más importante, por la cual el sifón debe ser independiente de la cubeta. La unión del aparato de saneamiento con el sifón no es tan importante como la del sifón con el tubo de

bajada, pues si esta última fuese defectuosa permitiría la penetración de emanaciones en la casa, como indican las flechas *A* en la figura 1514; es, pues, interesante no tener que rehacer con frecuencia esta junta que exige, más que las otras si cabe, una completa perfección.

El tubo de bajada, siempre que sea posible, debe colocarse en el exterior, porque los defectos que se pueden presentar en las juntas son menos peligrosos en tal caso; el diámetro interior varía de 10 a 16 cm, pudiendo emplearse tubos de gres o de fundición. Si, por una causa cualquiera, tiene que colocarse interiormente, debe ser de plomo, de 8 a 11 cm de diámetro interior con paredes de 5 mm de grueso. El tubo de plomo tiene la ventaja de que suprime por completo las juntas— y por lo tanto la posibilidad de emanaciones; — pero, dado su mucho peso, tiende a deslizar, lo cual se impide soldando, encima de cada collar de empotramiento, un anillo que se apoya sobre el collar citado.

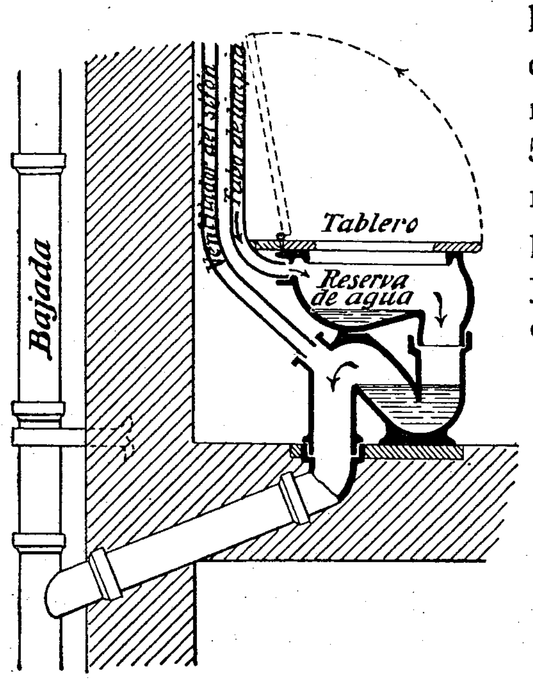


Fig. 1513.—Corte de un *water-closet* de dos piezas.

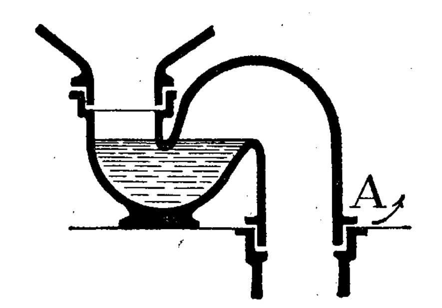


Fig. 1514.—Juntas del sifón de un *water-closet*.

En la figura 1515 se ve el conjunto de una instalación de aparatos superpuestos, que es el caso de los pisos de una casa de alquiler. Los tubos de evacuación *B* de los sifones son de plomo, de 8 cm de diámetro interior; la ventilación de los sifones tiene lugar, también, con tubos de plomo, de 4 cm de diámetro interior, que suben a empalmar con el de bajada. Ya hemos indicado (véase: *instalaciones de fregaderos)* la necesidad de ventilar todos los sifones, para impedir el descebamiento producido por la aspiración violenta, en virtud de una descarga súbita de agua por el tubo de bajada.

Cada aparato está provisto de un depósito de limpia *D* que arroja con bastante fuerza cierta cantidad de agua—no debe ser inferior a 6 litros (para asegurar un buen servicio convienen de 12 a 15 litros)—que arrastra las materias sólidas y el agua del sifón, de modo que la columna de éste se renueva en cada descarga.

Un buen depósito de limpia ha de producir el máximo efecto con el mínimo de agua, debiendo llenarse automáticamente de un modo sencillo. Debe ser capaz de descargar 10 litros en 4 segundos, pues de otro modo no se produce el efecto apetecido. Para los retretes individuales, la descarga varía de 6 a 10 litros, según el diámetro de la cubeta; para los colectivos, se necesitan de 12 a 15 litros.

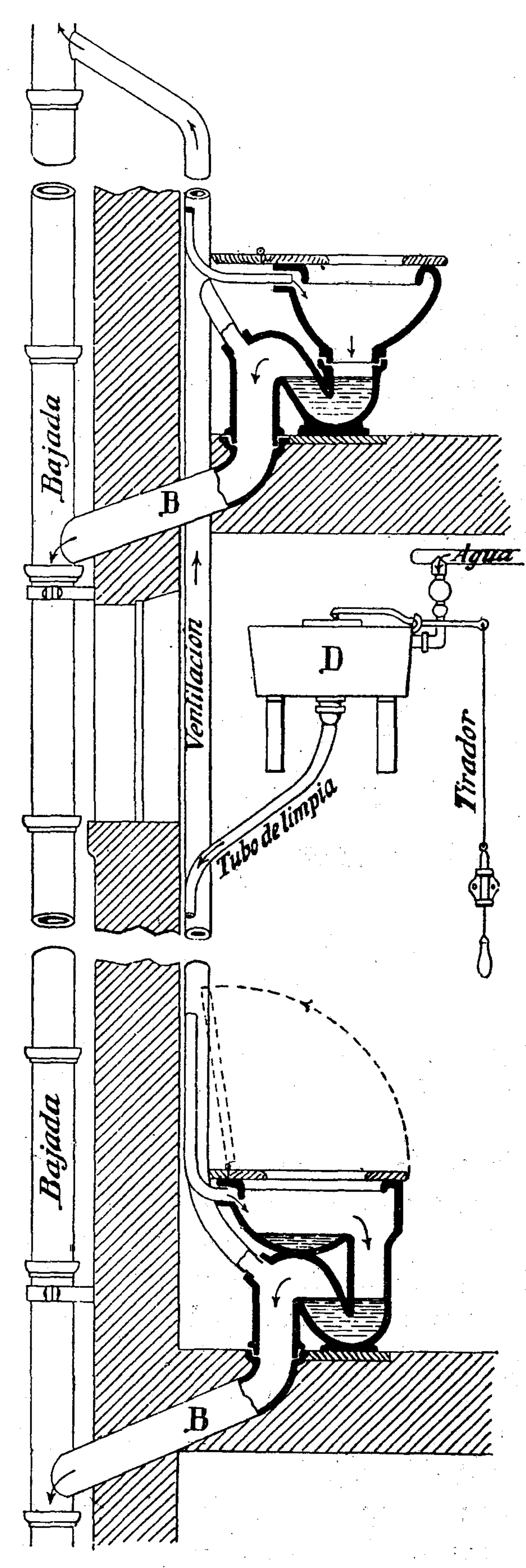


Fig. 1515.—Conjunto de una instalación de retretes con sifón.

La tubería de salida del depósito es de diámetro variable, según la capacidad del depósito: debe tener, por lo menos, 35 mm de diámetro interior para una capacidad de 10 litros y 45 mm para 15 litros. Estos diámetros suponen el depósito colocado a una altura de 1,75 m sobre el tablero del retrete; si no se puede disponer de esta altura, hay que aumentar el diámetro del tubo de salida del agua, dándole 40 y 50 mm respectivamente.

Siempre que sea posible, debe colocarse el depósito en el eje de la cubeta para que el tubo de descarga del agua no forme codos que ocasionen pérdidas de carga.

Instalaciones de urinarios. — El urinario está constituído a veces por un retiro, en cuyo suelo hay un agujero con cierre hidráulico, como el de la figura 1504; esta instalación es muy defectuosa y no puede admitirse más que al aire libre: la orina es tan corrosiva que debe recibirse y diluirse en agua, antes de que penetre en el tubo de desagüe, o bien debe con-

ducirse un chorro de agua al recipiente del urinario, en el instante en que se hace uso de él, no sólo para impedir la corrosión del tubo de desagüe, sino también para evitar que se oxide la orina y desprenda emanaciones.

La orina debe recogerse en espacio tan reducido como sea posible, para economizar agua, debiendo disponerse las cosas de modo que ésta produzca un arrastre rápido.

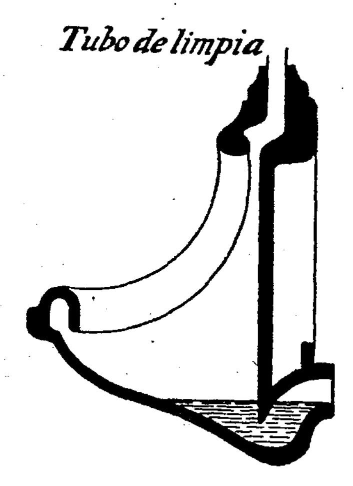


Fig. 1516.
Cubeta-sifón de urinario.

Estas consideraciones conducen a recomendar el empleo de la cubeta de urinario que representamos en la figura 1516. En los grupos de urinarios no deben prolongarse hasta el suelo los mamparos, sino dejar el mayor espacio libre posible para que la limpieza resulte fácil y perfecta. El servicio de agua, que puede ser continuo o intermitente, tiene la misión de renovar el agua de la cubeta después que ésta ha diluído y arrastrado los orines. Como se ve en la figura 1517, el sifón general *G*—ventilado por el tubo *H*—impide la salida de gases procedentes de la alcantarilla; el tubo de descarga *D*, que empalma con ella la instalación de urinarios, debe estar también ventilado por el tubo *K*.

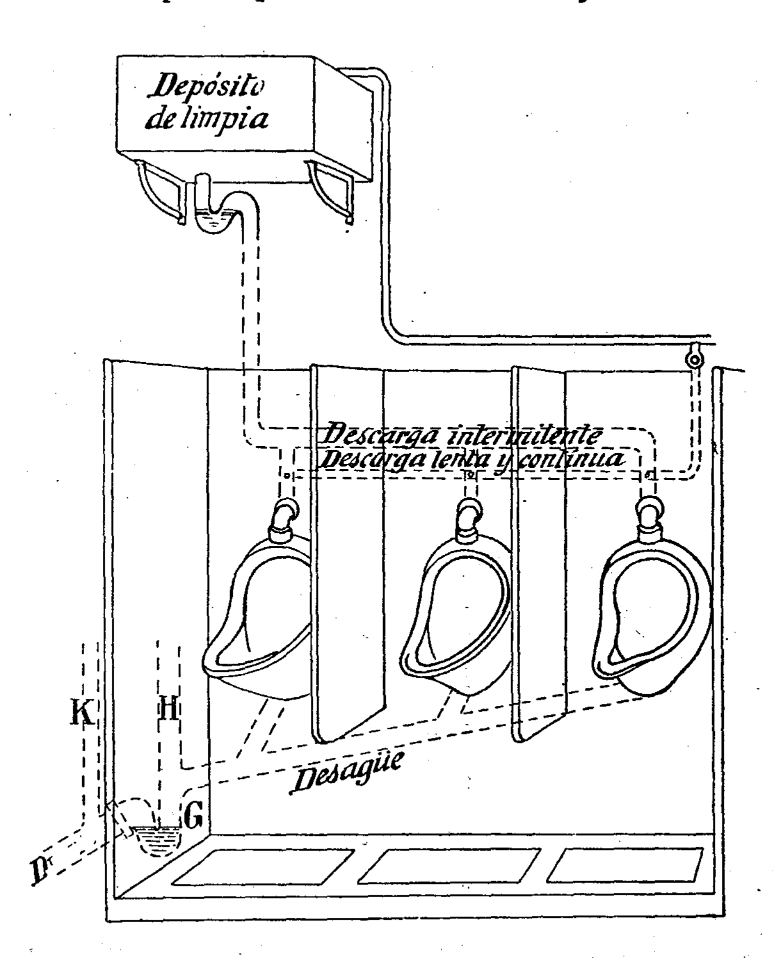


Fig. 1517.—Instalación de un grupo de urinarios.

URINARIOS DE PANTALLA. — Cuando se instalan adosados a un muro, se componen sencillamente de compartimientos de 35 a 40 cm de profundidad, 60 a 64 cm de ancho y 1,30 m de altura.

Los urinarios de pantalla se construyen para dos o para cuatro compartimientos con pantalla doble; este tipo es adecuado para calles anchas, cuando pueden colocarse suficientemente lejos de las casas. Cuando haya necesidad de ponerlos cerca de las casas, el decoro exige que se dé

mayor altura a la pantalla para interceptar las miradas (fig. 1518).

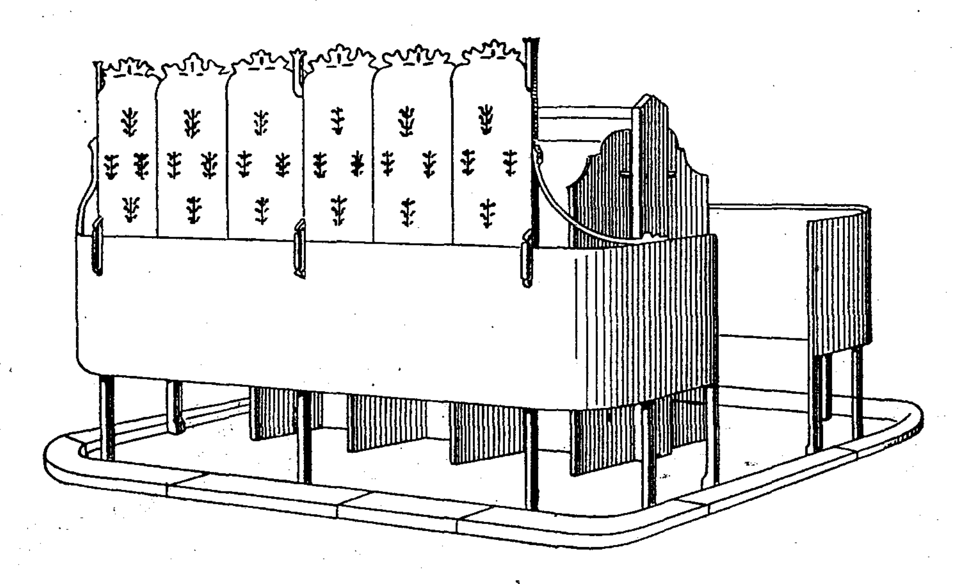


Fig. 1518.—Urinario de pantalla.

Este tipo de urinario puede construirse para un número mayor de plazas; cada compartimiento debe tener las dimensiones antes indicadas.

URINARIOS RADIALES.—Tienen las mismas aplicaciones que los precedentes. Un urinario de seis compartimientos puede inscribirse

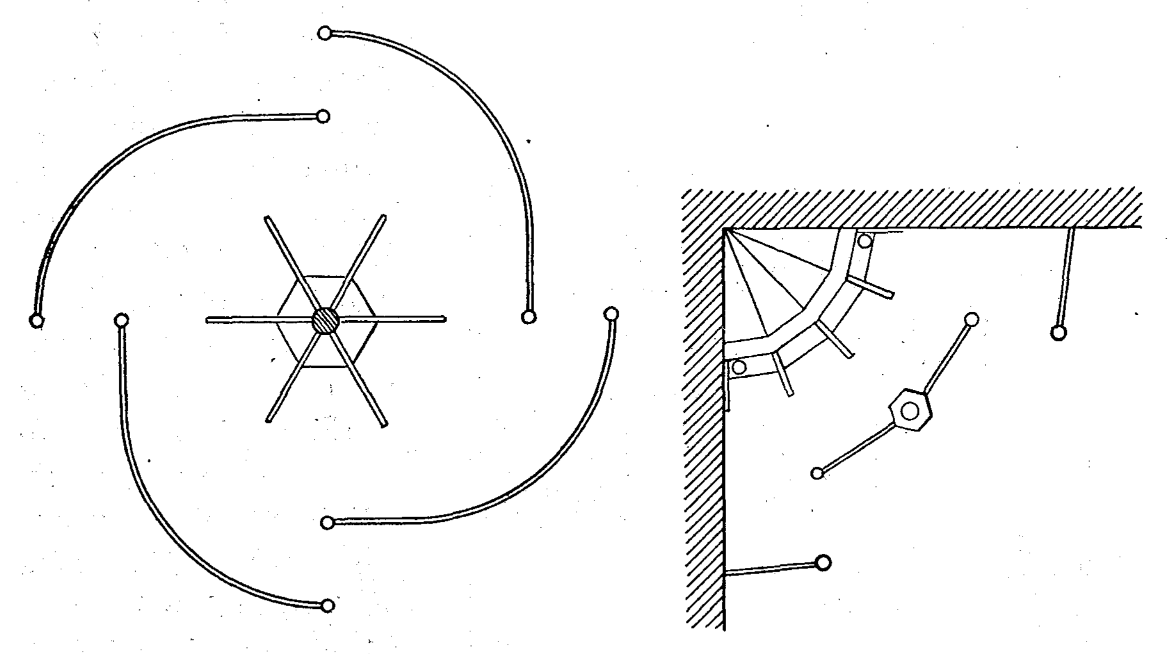


Fig. 1519.—Planta de un urinario de compartimientos radiales.

Fig. 1520. — Planta de un urinario de ángulo.

en un círculo de 75 cm de radio; las pantallas tienen cuatro entradas (fig. 1519).

También se pueden establecer urinarios radiales en los ángulos, como indica la figura 1520.

URINARIOS CUBIERTOS.—En las calles de mucho tránsito, son preferibles los urinarios completamente cubiertos, en forma de quiosco

con vidrios en la parte alta e instalación de alumbrado. La parte envidrierada puede utilizarse para fijar anuncios transparentes, legibles tanto de día como de noche.

Quioscos de necesidad.—La construcción de retretes en la vía pública se impone en todas las grandes ciudades y, si no fueran bastante las razones de utilidad que son evidentes, se podría hacer valer el hecho de que las empresas de quioscos de necesidad han tenido éxito y han reembolsado, ampliamente, los fondos invertidos en su construcción.

Estos quioscos, como los urinarios, se hacen de mayor o de menor importancia, según el sitio de su emplazamiento; no obstante, no deben tener menos de cuatro departamentos. Cuando se sitúan en sitios de mucho tránsito, se construyen de seis o de ocho plazas con gabinete tocador.

Claro es que estos retretes deben instalarse con el mayor cuidado; en ellos debe disponerse de una descarga de agua considerable, han de calcularse bien los sifones y prodigarse la ventilación.

Desde el punto de vista de la construcción propiamente dicha, estos quioscos presentarán un carácter propio que permita distinguirlos fácilmente; sin embargo, hay que armonizar su aspecto artístico con el que tengan los demás quioscos y construcciones urbanas. Como los urinarios, los quioscos de necesidad pueden aprovecharse, además, para la publicidad.

Instalaciones de lavabos.—Hay que tomar, en absoluto, las mismas precauciones que en las instalaciones precedentes, es decir, que se deben interceptar, por medio de sifones, los gases procedentes de

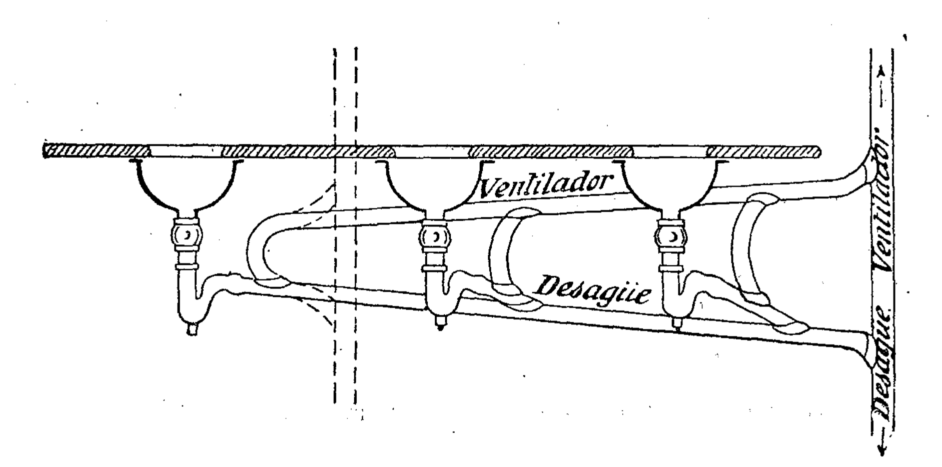


Fig. 1521.—Grupo de lavabos.

los tubos de bajada o de las alcantarillas. La figura 1521, que representa la instalación de un grupo de lavabos, puede servir también para un lavabo aislado, para lo que bastará, por ejemplo, colocar el tubo de desagüe en la parte que representamos con líneas de puntos.

Instalaciones de cuartos de baño.—Acerca de los medios empleados para obtener el agua caliente necesaria, hablaremos en el capítulo *Calefacción y ventilación.*

Todos los desagües de baños deberían descargarse en un tubo de bajada situado en el exterior (fig. 1522) intercalando un sifón. El tubo de bajada (cuando se trata de muchas bañeras es un tubo ex profeso de desagüe) debe tener ventilación. Los sifones o derivaciones de desagüe deben ventilarse independientemente, por medio de un

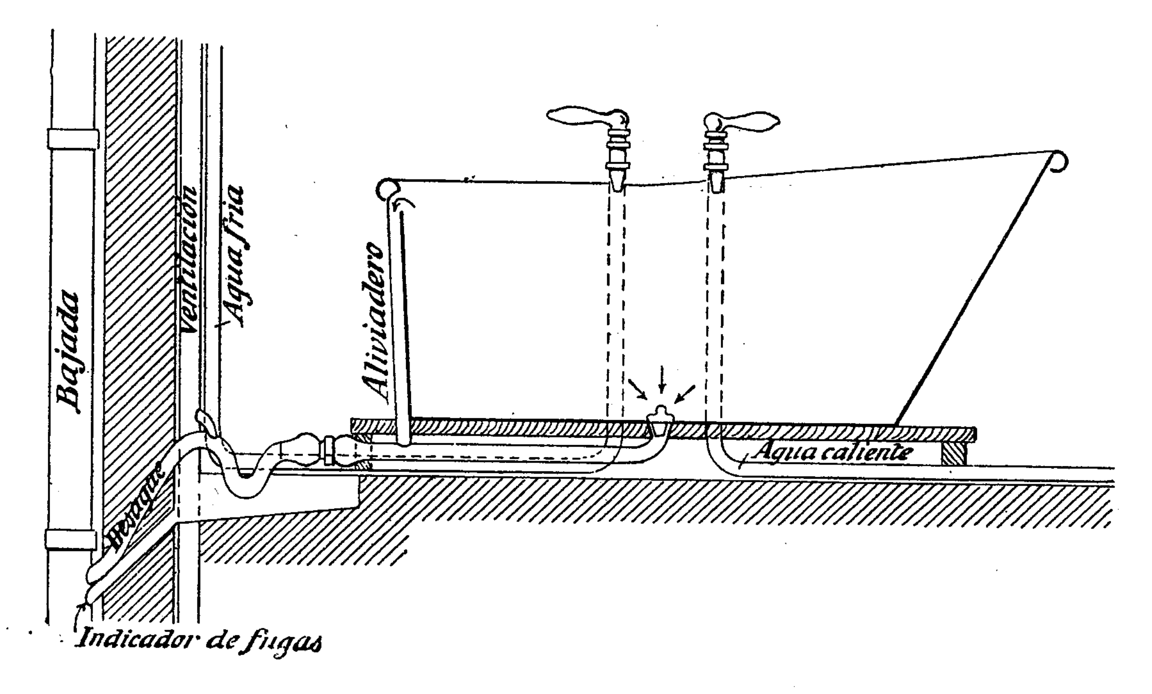


Fig. 1522.—Instalación de un baño.

tubo de plomo de sección igual a la del desagüe principal, para impedir que se descebe el sifón.

Es muy importante asegurarse de que cada sifón colocado en el desagüe de un baño puede conservar su carga, pues es tan grande la potencia de aspiración del volumen de agua de dos o más bañeras que se vacían al mismo tiempo, sobre todo cuando el tubo principal tiene poco calibre que, si todos los sifones que van a parar al tubo no tienen carga suficiente y no están bien ventilados, pueden descebarse con facilidad.

DEPURACIÓN DE LAS AGUAS SUCIAS

Generalidades acerca de la depuración biológica.—La depuración biológica consiste en utilizar, exclusivamente, el trabajo de los microorganismos para disolver las materias orgánicas que contienen las aguas y materias fecales, con objeto de descomponerlas hasta que se reduzcan al estado de nitratos, ácido carbónico, hidrógeno, formeno, agua y gas nitrógeno.

Esta descomposición es la misma que experimenta el estiércol en la superficie del terreno. La única diferencia está en que en la depuración biológica se regula, a voluntad, la acción de los microbios y se obtiene una aceleración considerable de la transformación, mientras que con el estiércol los fenómenos se producen en condiciones poco conocidas, que varían según las circunstancias geológicas y atmosféricas.

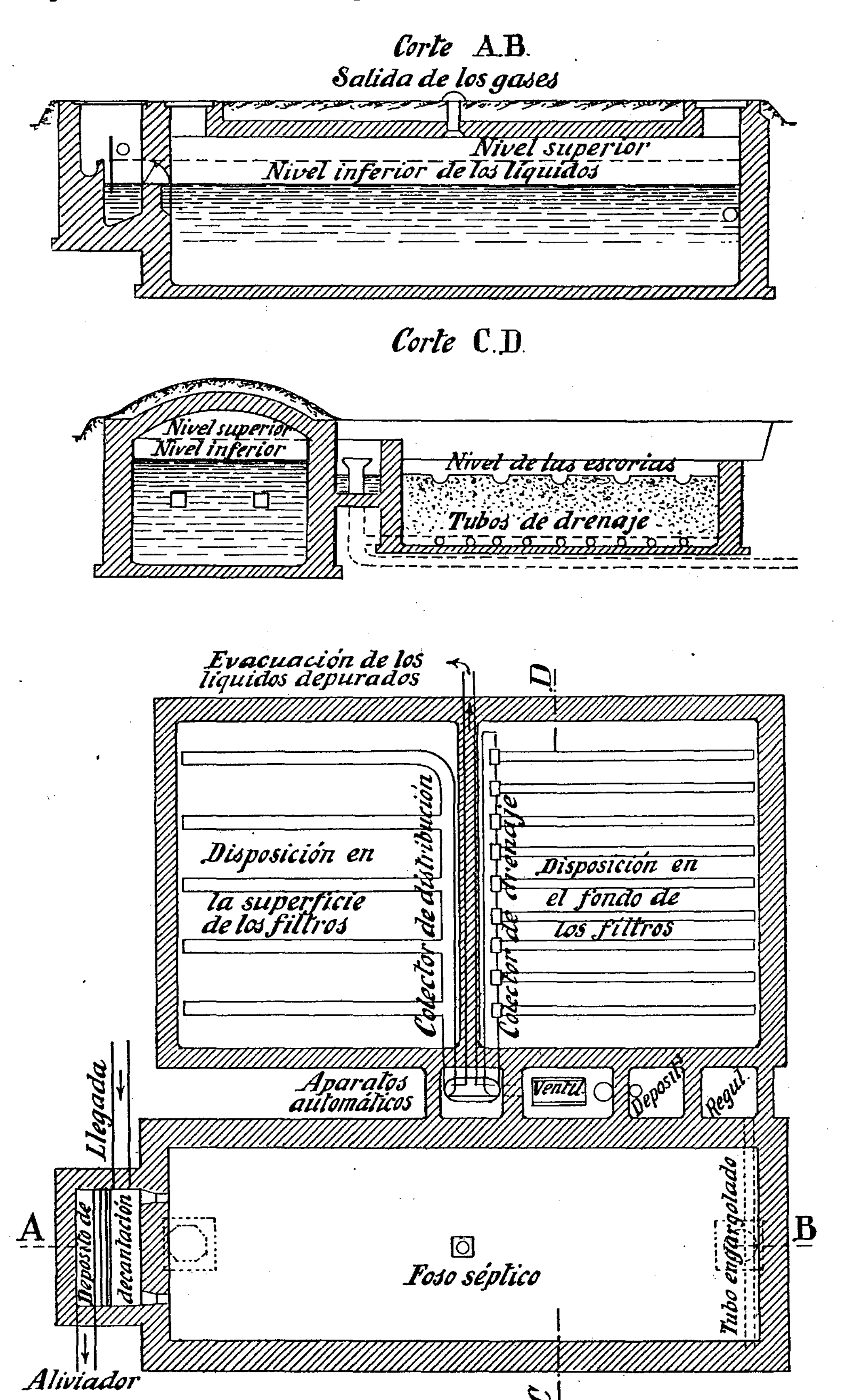
El principio de la depuración biológica descansa en las teorías de la fermentación, establecidas por Pasteur en 1881, y en las de Schlœsing y Muntz, quienes, en 1877, descubrieron los fermentos nitrosos y nítricos y que la nitrificación era debida a organismos vivientes, aerobios y anaerobios, que viven al aire libre los primeros y pueden prescindir de él los segundos. Estos seres microscópicos son los que producen el trabajo de descomposición; en los métodos bacteriológicos se emplean los aerobios o los anaerobios solos y, algunas veces, simultáneamente. Todos los métodos bacteriológicos se derivan de dos sistemas, ideados por Dibdin y Donald Cameron, respectivamente.

En el *método de Dibdin*—llamado *de Sutton*, porque fué allí donde se hizo la primera aplicación del mismo—las aguas del alcantarillado deben colarse, previamente, para desembarazarlas de las materias susceptibles de obstruir los intersticios del depurador. Después, se filtran por una capa de fragmentos gruesos de cok, escorias o ladrillos triturados; allí permanecen dos horas, para pasar luego por una capa de materiales de grano fino, donde se oxidan, convirtiéndose en solubles las materias sólidas que no lo habían sido en el primer filtro. Según el grado de depuración que se quiera obtener, se obliga a las aguas a pasar, todavía, por capas de materiales cada vez más finos.

El *método Cameron* consiste en someter las aguas que se van a tratar a una fermentación en recipiente cerrado. Las dos fases de depuración biológica, solubilización y nitrificación, se efectúan así separadamente.

Una instalación se compone (figs. 1523 a 1525): de una cámara de decantación, donde se depositan las materias pesadas o minerales; de un foso séptico o foso de fermentación, que es un recipiente estanco, cerrado herméticamente y cuyas dimensiones están calculadas de manera que se obtenga una capacidad sensiblemente igual al volumen de agua que debe depurarse en una jornada; de un filtro bacteriano, que es un recipiente estanco, descubierto y relleno de materiales filtrantes, cuyas dimensiones dependen del volumen de agua que hay que depurar. A estos elementos principales conviene agregar los siguientes secundarios: aireadores a la salida de la fosa, aparatos distribuidores automáticos en la superficie de los filtros, tubos de distribución y de salida, etc.

Después de la decantación se llevan las aguas al foso séptico. Durante la permanencia de los líquidos en él, los microbios—anaerobios



Figs. 1523 a 1525.—Instalación de depuración biológica, para una ciudad.

en su mayor parte—atacan las materias en suspensión, contribuyendo a solubilizarlas, por la secreción de diastasas. Las materias orgánicas complejas se reducen a cuerpos líquidos y gaseosos más simples; una

parte de estos últimos se disuelve, la otra se desprende. En esta desagregación molecular de la materia orgánica, el nitrógeno amoniacal aumenta, mientras que el albuminoide disminuye.

Las aguas se cogen por debajo de la superficie y se llevan al ventilador, en el que forman un pequeño salto, para que se oxigenen en contacto con el aire. Después pasan a un aparato que, de un modo automático, distribuye sucesivamente los líquidos sobre cada uno de los filtros de un modo intermitente. En los filtros, permanecen las aguas durante cierto tiempo de modo que las materias que haya todavía en suspensión se depositen. Las bacterias aerobias comienzan, ya entonces, su labor, aunque es principalmente después de la evacuación del filtro cuando atacan a las substancias orgánicas; los fermentos nitrosos, por oxidación, transforman el nitrógeno amoniacal en nitritos y luego, si el filtro está suficientemente aireado, los fermentos nítricos convierten los nitritos en nitratos, última etapa de la mineralización de la materia orgánica.

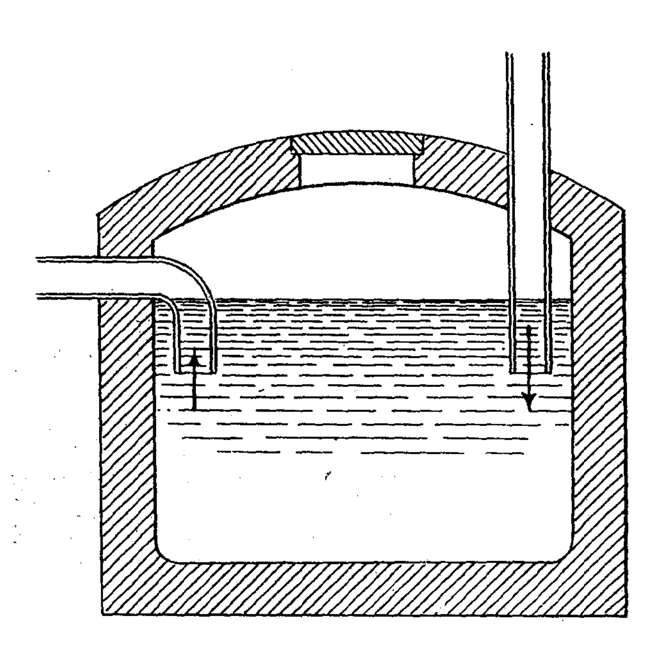
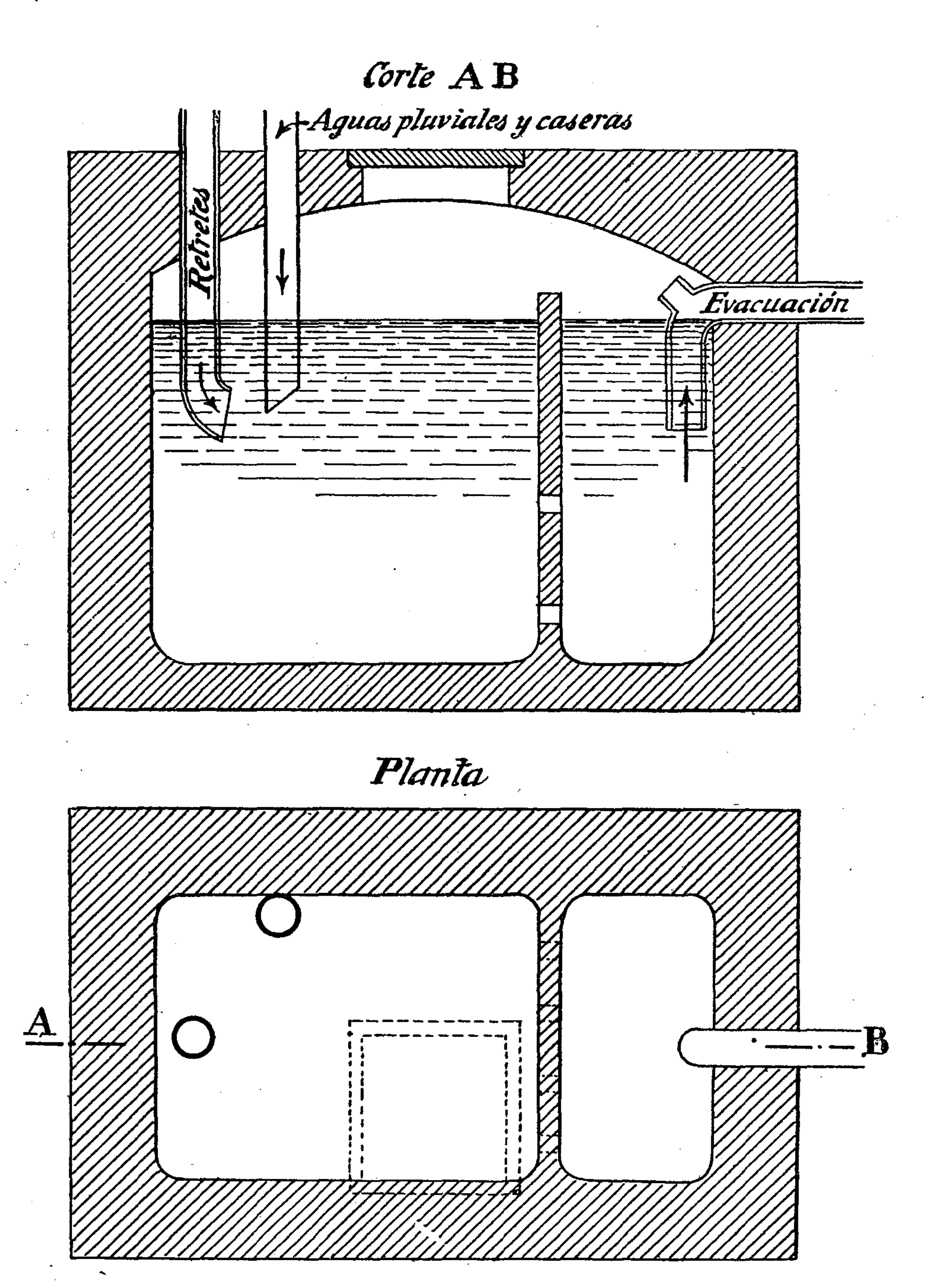


Fig. 1526.—Pozo séptico *Mouras.*

Fosos sépticos.—Los pozos Mouras, que datan de 1880 aproximadamente, parecen haber sido los primeros fosos sépticos. Sea lo que fuere, estos pozos constituyeron un perfeccionamiento con respecto a la fosa fija, y sobre todo con relación a la fosa absorbente (pozo seco o pozo perdido), de uso tan generalizado y que tanto contamina las aguas subterráneas.

POZOS MOURAS.—Este foso, que representamos en la figura 1526, no tenía más que un solo compartimiento; estaba cerrado herméticamente y carecía de chimenea de ventilación, no existiendo más que un tubo de bajada y otro acodado de evacuación, sumergido en el líquido unos 15 cm; este último conducía las materias, diluídas y más o menos descompuestas, a un pozo o a una corriente de agua. Era indispensable, para el buen funcionamiento, enviar al foso la mayor cantidad de agua posible: las aguas pluviales, las aguas caseras y negras. «La corriente, ocasionada por una gran cantidad de agua, producirá un torbellino que se hará sentir hasta una gran profundidad, y expulsará, por el canal de evacuación, una buena cantidad de materias en disolución, de tal suerte que renovará el contenido de la fosa hasta la profundidad del torbellino».

Como se ve, Mouras buscaba la disolución de las materias sin sospechar el papel que desempeñan los microorganismos, ni pensar en la depuración por fermentación; verdad es que Pasteur no había establecido, todavía, de un modo completo sus teorías acerca de ésta.



Figs. 1527 y 1528.—Foso séptico *Bezault*.

Se han aportado grandes perfeccionamientos al primitivo pozo Mouras, habiéndose llegado a construir fosos sépticos que permiten verter, sin peligro de contaminación, las aguas residuales a un pozo, al estercolero, a la alcantarilla o, finalmente, a una corriente de agua.

Fosos Bezault.—Estos fosos sépticos, ajustados al sistema Cameron, utilizan simultáneamente el trabajo de las bacterias anaerobias y aerobias. El foso séptico es un recipiente (figs. 1527 y 1528)

perfectamente impermeable, dividido en dos compartimientos desiguales; en el mayor terminan los tubos de bajada, y del más pequeño parten los tubos de evacuación. Los tubos de llegada y también los de evacuación aseguran, por su inmersión permanente, un cierre hidráulico de gran eficacia.

La longitud de tubo que ha de estar sumergida constantemente en el agua, lo mismo que la capacidad de la fosa, se calculan en cada caso con arreglo al número de habitantes, a la forma como se hace el lavado de los retretes y, según que vayan, o no, al foso las aguas pluviales y caseras. El paso del compartimiento de llegada al de salida tiene lugar por una serie de orificios situados, bajo el nivel del líquido, en un tabique de separación.

La fosa se construye de palastro galvanizado, de hormigón armado, o de fábrica, como representan las figuras mencionadas. Sus dimensiones se calculan de modo que la permanencia de las materias sea de ocho o de diez días solamente, por lo que se ve que, para diez personas, bastaría una fosa de un metro cúbico.

Las materias llegan al departamento mayor y se depositan por orden de densidades, siendo atacadas por los microbios que se apoderan de ciertas substancias—necesarias unas para su alimentación y otras para su estructura;—sus diastasas contribuyen igualmente a la acción solubilizadora. El nitrógeno orgánico se transforma en nitrógeno amoniacal, es decir, en combinación fácilmente oxidable; los cuerpos albuminoides se hidratan de modo que, en resumen, las materias fecales, constituídas por cuerpos complejos, se reducen a substancias de fórmula química sencilla, ya líquidas, ya gaseosas. Las materias minerales o metálicas, que no han sufrido alteración por el trabajo de las bacterias, se acumulan lentamente en el fondo de la fosa de modo que no impiden su funcionamiento. Claro es que, a la larga, hay que extraer este sedimento, pero ello no ocurrirá sino después de mucho tiempo; basta recordar que los pozos ordinarios de fondo absorbente tardan, lo menos, diez años en llenarse de materias sólidas, por lo cual no es aventurado admitir doble tiempo para un foso séptico donde las materias sólidas son diluídas y descompuestas y el residuo no puede ser más que una fracción, puramente accidental, de la totalidad de materias sólidas.

El trabajo de los microbios, aun el de los peor olientes, es esencialmente depurador y no hay precipitación química ni filtración a través de capas porosas, por perfectas que sean, que equivalgan en intensidad a la acción de los gérmenes. La mayor parte de las bacterias patológicas se destruyen, pues resisten muy difícilmente la acción anaerobia del foso séptico; el bacilo tífico y el vibrión del cólera no resisten doce horas en un foso séptico. Claro está que, si se ha admitido que viertan directamente a la alcantarilla las materias fecales, no hay razón que impida la descarga en ellas de

los fosos sépticos. Los fosos sépticos—completados o no con sistemas eficaces de oxidación—pueden prestar grandes servicios a la higiene pública, pues impiden el transporte y el contacto repugnante e insalubre de las materias fecales y la contaminación de los pozos de agua vecinos.

Filtros oxidantes de absorción.—Cuando no hay en las cercanías una alcantarilla que reciba el desagüe de un pozo séptico, se pueden enviar las aguas a un filtro de absorción (fig. 1529), procedimiento aplicable en el caso de un terreno absorbente. Consiste en

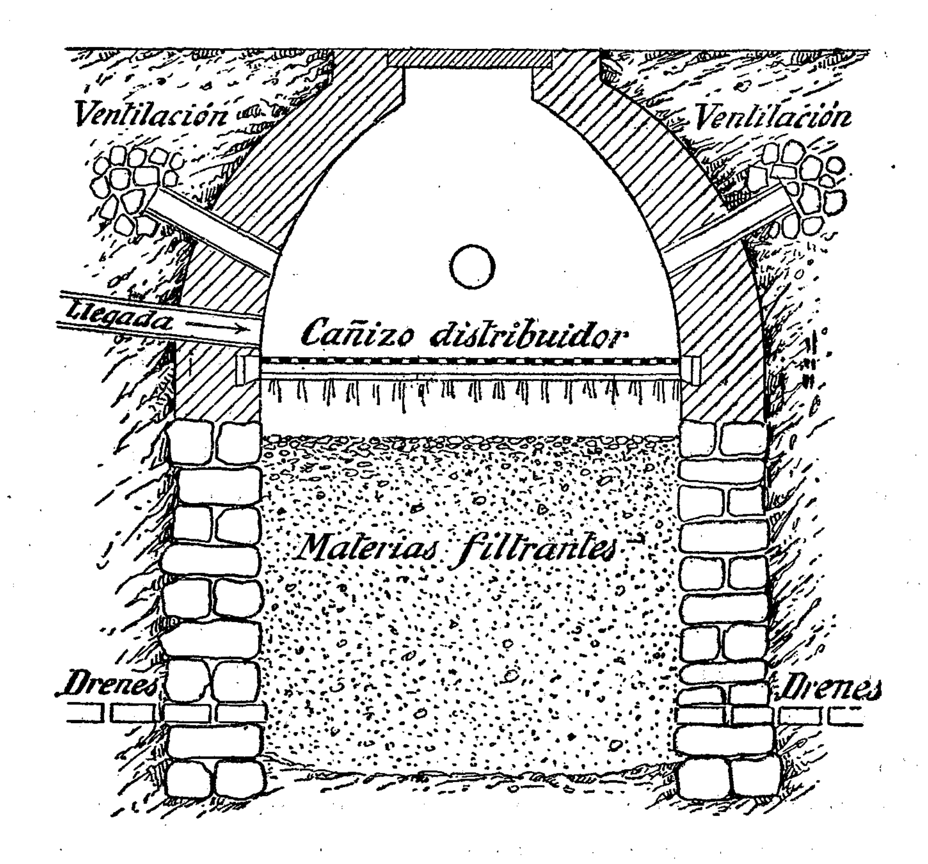


Fig. 1529.—Filtro oxidante de absorción.

establecer, directamente, en el suelo—parte de mampostería en seco y parte de fábrica trabada con mortero—un filtro con materiales que formen un lecho oxidante.

La repartición de los líquidos, encima de los materiales filtrantes, se hace por medio de un cañizo distribuidor que subdivide las aguas en forma de lluvia.

A primera vista, parece que este filtro no es más que un pozo perdido, o absorbente, ordinario, y que la absorción por el suelo puede producir una contaminación del terreno, idéntica a la que hemos criticado en los fosos ordinarios. Pero hay que observar que, mientras en estos últimos las materias no están sometidas a depuración alguna, en los fosos sépticos han sufrido ya el ataque de los microbios, habiéndose transformado; además, como el filtro

absorbente tiene ventilación, se oxidan las materias que aun puedan existir, resultando por lo tanto inofensivas. El subsuelo no puede absorber, pues, más que una cantidad de agua, tan depurada ya, que no resulta nociva.

Filtros oxidantes no absorbentes. — Cuando el terreno no es absorbente o se quiere hacer una instalación más perfecta, se puede emplear el filtro de oxidación estanco, compuesto (fig. 1530) de un

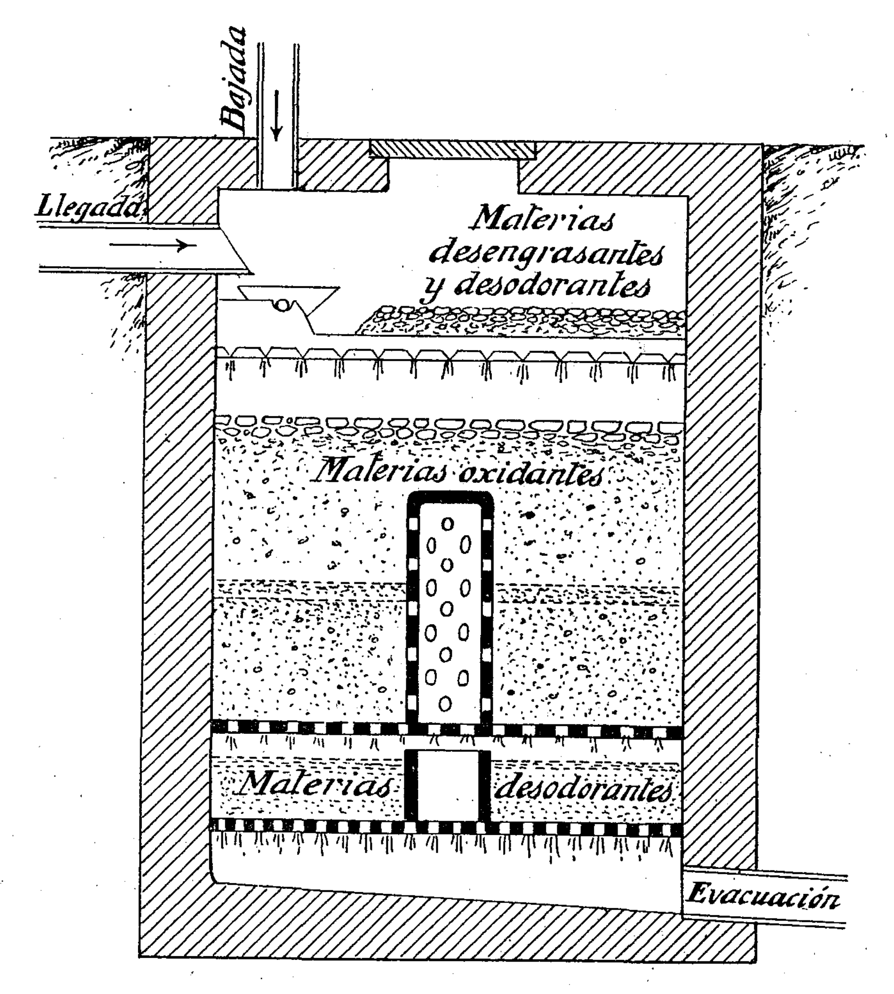


Fig. 1530.—Filtro de oxidación no absorbente.

recipiente que tiene, además del tubo de llegada, un tubo de ventilación en la parte superior y uno de evacuación en la inferior. En este filtro las materias filtrantes se eligen y colocan por un orden tal que aseguren la oxidación de las materias amoniacales, pues su transformación, en nitritos primero y en nitratos después, produce siempre el máximo rendimiento de la instalación. La dificultad, variable con el lugar en que se ha hecho ésta, radica en la evacuación de las aguas depuradas que han de llevarse a un lugar absorbente, a una alcantarilla o a una corriente de agua; cuando la configuración del terreno se presta para ello, se puede hacer un avenamiento y extenderlas sobre el terreno a pequeña profundidad, para que la acción purificadora del aire pueda producirse de un modo eficaz.

Transformación de un pozo negro ordinario en foso séptico.— La transformación de los pozos fijos en fosos sépticos tiene un interés muy grande. Describiremos los dos casos que interesan más al arquitecto: un foso séptico en una población y otro en una casa con huerto, los cuales difieren esencialmente en que la evacuación de las aguas depuradas, en el primer caso, se efectúa por la parte inferior de la fosa (figs. 1531 y 1532), mientras que en el otro tiene lugar por arriba, lo cual es una gran ventaja, puesto que se trata de enviar estas aguas al huerto donde se completará la depuración.

CASO DE POZO NEGRO EN UNA POBLACIÓN.—La fosa, impermeable o no, se divide en dos compartimientos casi iguales por un murete de ladrillo, el primero destinado a servir de foso séptico y el segundo como filtro de oxidación. Si el pozo negro que se trata de transformar es de fondo impermeable, el efluente—inofensivo y casi depurado por completo, después de la nitrificación del nitrógeno amoniacal— saldrá por un tubo situado en la parte inferior del segundo compartimiento, pudiendo enviarse a la alcantarilla pública o al río. Si el primitivo pozo negro es absorbente, será necesario revestir el fondo del primer compartimiento, para que resulte completamente impermeable, mientras que el segundo se dejará sin revestir; el efluente será absorbido por el subsuelo, con gran facilidad, por ser perfectamente fluído.

Foso séptico propiamente dicho. — Para que los microbios anaerobios puedan ejercer su trabajo en buenas condiciones, es preciso que el foso séptico cumpla las siguientes.

a) Tener una capacidad de ocho a diez veces el volumen de líquido que diariamente va al foso por los tubos de bajada; si además van a él las aguas grasas de las cocinas, el volumen debe aumentarse hasta quince veces, lo menos. Si la capacidad es menor, la transformación es incompleta.

b) Diluir las materias fecales en un volumen de agua suficiente, 10 a 15 litros como mínimo por habitante y día, aunque una proporción doble da mejores resultados.

c) No conducir al foso ni el desagüe de los baños, ni el de los lavaderos, pues su gran volumen agita excesivamente la masa líquida, estorbando el trabajo de los microbios. Lo mismo sucede con las aguas pluviales que tienen, además, el inconveniente de hacer entrar el aire en el compartimiento séptico.

d) Sumergir algo los tubos de bajada en el líquido: unos 25 ó 30 cm, a lo sumo, bajo el nivel constante. La rama sumergida del tubo *D* (fig. 1531) debe penetrar 60 ó 70 cm (por lo menos, un tercio de la altura del líquido). Conviene practicar en el ángulo exterior del tubo un agujero de 3 cm, para que pasen al segundo compartimiento los gases que pudieran producirse.

El líquido que sale del pozo séptico contiene gran número de

microbios, anaerobios principalmente; los patógenos no han sido completamente destruídos, pero su virulencia está atenuada por la prolificación y la concurrencia vital de los otros. Parece comprobado que el líquido no contiene nunca bacilos tíficos.

Compartimiento de oxidación.—El aire debe llegar a este compartimiento en la mayor cantidad posible, puesto que son los microbios aerobios los que van a trabajar para destruir los anaerobios y para nitrificar los productos amoniacales del primer compartimiento. Por consiguiente, el tubo de ventilación del antiguo pozo negro debe terminar en el compartimiento de oxidación y, si es posible, debe llevarse a él la totalidad o parte de las aguas pluviales de la cubierta, lo que producirá la doble ventaja de un nuevo flujo de aire y de limpiar, automáticamente, el distribuidor *M* del líquido procedente del foso séptico.

En el segundo compartimiento se dispondrá un lecho de oxidación, formado por cuerpos porosos, el cual deberá estar alternativamente seco o mojado para que el aire penetre con facilidad en toda la masa. El lecho bacteriano empezará en el fondo, por encima del tubo de evacuación del líquido depurado, subiendo hasta una altura inferior al nivel constante del primer compartimiento, de manera que quede, sobre el filtro, una altura libre lo mayor posible para colocar un depósito de descarga automática (en las fosas grandes) y un distribuidor del líquido. En las fosas pequeñas, puede prescindirse del depósito de limpia, pues la misma intermitencia con que afluyen las aguas lo hacen de un modo natural. Se puede admitir, prácticamente, que la diferencia de altura entre el nivel y el foso séptico y la superficie del lecho de oxidación debe ser, por lo menos, de 60 cm en las fosas grandes, y de 30 cm en las pequeñas.

El lecho de oxidación tendrá una superficie tan grande como sea posible, lo menos de 1,00 m², por cada ocho o diez habitantes, y volumen de 1,00 m³ para el mismo número de personas.

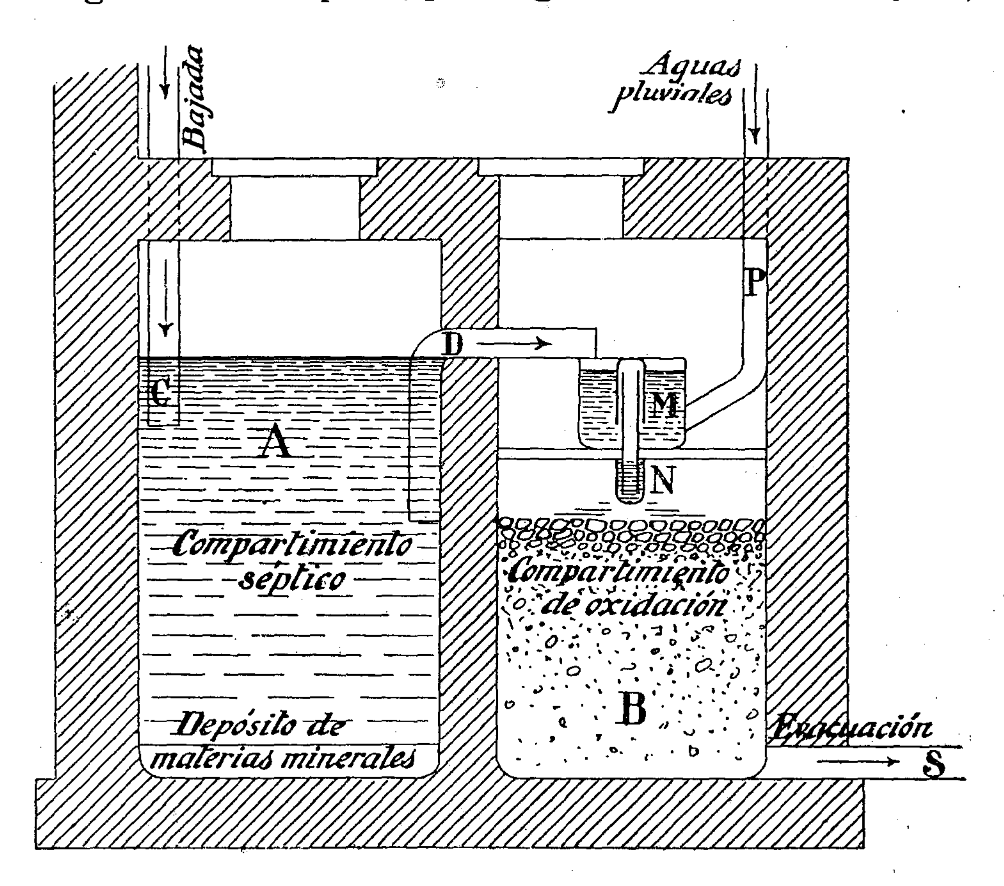
La materia filtrante se elige entre las que se encuentren en la región: escorias, cok, turba, ladrillo hueco machacado, etc., cuya mezcla dará buenos resultados. Cuando se disponga de piedra caliza blanda, se partirá en pedazos del tamaño aproximado de un huevo y se mezclará con un volumen igual o doble de escorias.

El efluente séptico se repartirá, lo más uniformemente posible, sobre la superficie del lecho bacteriano.

El tubo de las aguas pluviales descargará tangencialmente en la reguera de distribución *N*, que de esta manera se limpiará.

La fosa representada en las figuras 1531 y 1532 mide 2,70 m de largo, 2,00 m de ancho y 2,20 m de altura. El primer compartimiento séptico contiene 4400 litros de líquido; el segundo tiene un lecho de oxidación de 2,50 m² de superficie. Esta fosa puede servir, pues, para la depuración biológica de las aguas procedentes de 15 a 25 habitantes.

Caso de pozo negro en una casa con huerto.—Se convertirá el pozo negro en foso séptico, prolongando los tubos de bajada, colo-



Planta

D, aliviadero de superficie.—M, depósito de descarga automática.—N, distribuidor del efluente séptico.

Figs. 1531 y 1532.—Transformación de un pozo negro ordinario en foso séptico.

cando un aliviadero y suprimiendo toda comunicación con el exterior. No hay murete divisorio, de modo que su volumen será dos veces mayor que el compartimiento séptico de la fosa depuradora, lo

que es una ventaja sobre ésta. El efluente saldrá por la parte alta para ser conducido, por una canalización estanca, hasta el lecho de oxidación.

Este lecho de oxidación puede obtenerse de tres maneras distintas: cuando el terreno del huerto es de naturaleza permeable, homogéneo y sin fisuras aparentes, bastará practicar un foso cilíndrico del diámetro necesario para obtener la superficie requerida. Para evitar el desmoronamiento de las paredes, será conveniente revestirlas con piedras en seco. La entrada del efluente debe estar, lo menos, a un metro del fondo; es condición indispensable, también, que penetre el aire. A pesar de que el aire penetra, por sí mismo, a bastante profundidad en un terreno permeable, es conveniente emplear medios análogos a los descritos para el compartimiento de oxidación del caso anterior. Cuando el terreno superficial es de naturaleza muy compacta, difícilmente permeable al aire, como ocurre con la tierra arcillosa, se construirá un foso cilíndrico o cuadrado, revestido de fábrica menos en el fondo; la tierra de éste se removerá, para aumentar su poder absorbente, a menos de que se encuentre una capa—impermeable o no—que pueda dar salida al líquido. El foso se rellenará, en una altura de un metro por lo menos, con cuerpos porosos, tal como se ha explicado para las figuras 1531 y 1532.

La tercera solución consiste en conducir el efluente del pozo séptico, por una canalización, a una red de tubos de avenamiento, colocados, formando abanico, a 30 cm de profundidad debajo del césped o del terreno de la huerta; de este modo, los elementos fertilizantes se utilizan en parte. Los drenes constituyen, en cierto modo, un pozo de ramas múltiples de muy poca profundidad, muy ventilado por su misma naturaleza. El terreno natural sirve, pues, de depurador del mismo modo que se produce en los campos de depuración de muchas ciudades de Inglaterra y de Alemania.

El abanico de drenes tiene, sobre los campos de depuración públicos o privados, varias ventajas de importancia: como que las aguas están debajo de la superficie del terreno, no despiden olor ni atraen las moscas, al revés de lo que sucede en las proximidades de un campo regado directamente con aguas y materias fecales. Estas aguas del alcantarillado, que no han pasado por un pozo séptico, contienen materias fecales sin desnaturalizar y contaminan las legumbres y frutos que nacen a ras del suelo.

CAPÍTULO XIII

Calefacción y ventilación

Combustibles.—Potencia calorífica.—Hulla.—Cok.—Antracita.—Carbón vegetal.—Leña.—Aceites minerales.—Gas del alumbrado.—Potencia calorífica de diversos combustibles.—Composición del aire.—Cantidad de aire necesario para la combustión.—Conductibilidad de los cuerpos.—Calor radiante.—Calor desprendido por el alumbrado.
Chimeneas de calefacción.—Consideraciones generales.—Chimeneas ordinarias; dimensiones.—Ventosas.—Chimenea Leras.—Chimenea Fondet.—Chimenea Cordier.—Chimenea Fortel.—Chimenea Manceau.—Chimenea Joly.
Estufas.—Generalidades.—Estufas metálicas.—Estufas de loza.—Instalación de las estufas.
Caloríferos de aire caliente.—Toma de aire.—Conductos de aire caliente.—Bocas de calor.—Superficie de la parrilla.—Superficie de calefacción.—Conductos de humos: cálculo de sus dimensiones; reglas constructivas.—Cámara de calor.—Caloríferos de campana.—Caloríferos Perret.
Calefacción por agua caliente.—Calefacción por agua a baja presión.—Calefacción de los baños.—Calefacción por agua a gran presión, sistema Perkins.
Calefacción por vapor.—Sistemas diversos.—Caldera.—Regulador.—Tuberías.—Radiadores.—Consumo de combustible.
Calefacción por gas.—Ventajas.—Chimeneas de gas.—Estufas de gas.
Calentamiento de los invernaderos.—Condiciones que debe cumplir.—Pérdida de calor por las superficies envidrieradas.—Pérdida de calor por la renovación del aire.—Consideraciones acerca de las temperaturas.—Tubería.—Calderas.
Ventilación.—Sistemas de ventilación.—Introducción del aire.—Temperatura del aire.—Evacuación del aire.—Volumen de aire que requiere la ventilación.—Ventilación por chimeneas de llamada.

COMBUSTIBLES

Potencia calorífica.—Se designan con el nombre de combustibles los cuerpos que se emplean para producir calor y luz, combinándolos con el oxígeno atmosférico. No nos ocuparemos aquí de la luz y sólo estudiaremos los efectos caloríficos, que son los únicos que nos interesan.

Los combustibles están compuestos por carbono, hidrógeno y diversos elementos que varían con la naturaleza de aquéllos. Pueden presentarse bajo tres formas distintas.

1.° *En estado gaseoso:* en tal caso proceden de la transformación de un combustible sólido o líquido.

2.° *En estado líquido,* como el petróleo, los aceites, el alcohol, etc.

3.° *En estado sólido,* como la madera, la hulla, el cok, la turba, etc.

La evaluación de las cantidades de calor se efectúa tomando por unidad la *caloría,* que es la cantidad de calor necesaria para elevar de 0° a 1° centígrados la temperatura de un litro o de un kilogramo de

agua. Diez calorías, por ejemplo, representan la cantidad de calor necesaria para elevar un grado la temperatura de diez litros de agua, o para elevar diez grados la temperatura de un litro de agua.

Potencia calorífica absoluta de un combustible es el número de calorías que desarrolla la combustión completa de un kilogramo del mismo.

Potencia calorífica específica de un combustible es el número de calorías que desarrolla la combustión de un decímetro cúbico del mismo; es igual al producto de la potencia calorífica absoluta por el peso específico del combustible.

Potencia calorífica pirométrica de un combustible es el número de grados centígrados, correspondiente a la temperatura desarrollada por la combustión de un kilogramo de este combustible.

Hulla.—La hulla es una roca negra, más o menos obscura, procedente de la destrucción de los bosques, en virtud de los trastornos de la corteza terrestre; contiene carbono, hidrocarburos y materias infusibles y terrosas que forman las cenizas.

Se distinguen: la *hulla grasa* bituminosa, la *hulla semigrasa* de llama larga, la *hulla de llama corta* y la *hulla seca.*

Cok. — El cok es el residuo de la destilación de la hulla; es de aspecto poroso y de color gris de hierro. Arde casi sin llama y se apaga al aire libre, pero se puede mantener mucho tiempo en ignición cuando se coloca en masa, en hogares bien ventilados. Conviene para aparatos de combustión lenta.

Antracita.—La antracita es un carbón fósil formado probablemente de plantas primitivas, palmeras y helechos, en una atmósfera muy rica en carbono y sometida a temperatura elevada y a una presión enorme. Este carbón contiene 93 °/₀ de carbono y tiene un poco de azufre; arde sin llama ni humo y es muy difícil de encender; conviene para los aparatos de combustión lenta, como son las estufas móviles, que con este carbón no necesitan ser cargados más que cada veinticuatro horas.

Carbón vegetal.—El carbón vegetal es el residuo de la destilación de la madera y de su combustión incompleta. Está compuesto de:

carbono	38,5 °/o
agua combinada	35,5 »
cenizas	1,0 »
humedad (agua libre)	25,0 »

Se obtiene el carbón vegetal carbonizando la leña al aire libre en montones *(carboneo en los montes)* o bien en aparatos destilado-

res que permiten recoger y condensar, además del carbón, los productos volátiles ricos en ácido acético y en alcohol metílico (espíritu de madera). La madera produce un 35 %, en volumen, de carbón.

El carbón vegetal es pesado, si procede de una madera dura, y ligero, si proviene de una madera blanda; así, un metro cúbico de carbón pesa, de 200 a 240 Kg, si procede de encina, 179 Kg, si es de abeto, y 180 Kg, si de pinabete.

Comienza a arder a los 240° y desprende mucho ácido carbónico. No se emplea, apenas, en la calefacción doméstica, pero sí en las cocinas.

Leña.—Es, con seguridad, el combustible más antiguo, pero también el que está llamado a desaparecer primero, dada la prisa que ha habido siempre en destruir bosques.

La madera está compuesta por término medio de 50 % de carbono y 50 % de oxígeno e hidrógeno. Su potencia calorífica depende mucho de su estado de sequedad, a causa del calor absorbido para hacer pasar al estado de vapor el agua contenida en las fibras de la madera.

Aceites minerales.—Los aceites empireumáticos naturales no se aplican todavía a la calefacción; pero ya no se emplean sólo para el alumbrado, pues se utilizan, también, para la cocción de los alimentos y para hacer funcionar motores.

Gas del alumbrado.—El gas del alumbrado, empleado también en los aparatos pequeños de calefacción y en la alimentación de motores, es un carburo de hidrógeno procedente de la destilación de la hulla.

Potencia calorífica de diversos combustibles.—A continuación resumimos la potencia calorífica de los combustibles más empleados, expresada *en calorías por kilogramo:*

Combustible	Valor	Unidad
Metano o hidrógeno carburado . .	6622	calorías/Kg
Etileno o gas oleificante	6833	»
Gas del alumbrado	10260 a 13000	»
Oxido de carbono	1944	»
Alcohol (densidad 0,812)	6194	»
Eter sulfúrico (densidad 0,7) . . .	8030	»
Nafta.	7333	»
Aceite de petróleo	9460	»
Aceite de oliva	9000	»
Aceite de colza o de nabina. . . .	9300	»
Cera amarilla.	10344	»
Cera blanca	9820	»
Sebo	8370	»

Carbón vegetal de madera seca . .	7050 calorías/Kg
Carbón vegetal ordinario	6000 »
Cok puro	7050 »
Hulla de 1.ª calidad	7050 »
» » 2.ª »	6345 »
» » 3.ª »	5932 »
Antracita	7950 »
Madera desecada en estufas . . .	3666 »
Madera desecada al aire.	2945 »
Turba ordinaria.	1500 »
Turba de primera calidad	3000 »

Composición del aire.—La combustión de un cuerpo es la combinación del mismo con el oxígeno del aire.

En volumen, un metro cúbico de aire contiene:

Oxígeno	20,50 °/₀
Nitrógeno.	78,20 »
Vapor de agua	1,25 »
Anhídrido carbónico	0,05 »

En peso, un kilogramo de aire contiene:

Oxígeno	22,8 °/₀
Nitrógeno.	76,3 »
Vapor de agua	0,8 »
Acido carbónico	0,1 »

A la temperatura media de 15° y con un grado higrométrico del 75 °/₀, *un metro cúbico de aire contiene:*

Oxígeno	0,278 Kg
Nitrógeno	0,925 »
Vapor de agua.	0,010 »
Acido carbónico	0,001 »

Cantidad de aire necesario para la combustión.—Un kilogramo *de carbono* necesita 9,6 m³ de aire a 0°, volumen que pesa 11,85 Kg. Un kilogramo *de hidrógeno* puro necesita 28,8 m³ de aire a 0°, o sea 34,96 Kg; un kilogramo *de madera* necesita 3,5 m³ de aire.

Conductibilidad de los cuerpos. — Según su composición química y molecular, los cuerpos dejan paso más o menos fácilmente al calor.

El aire y los gases son muy malos conductores; lo mismo les pasa a todos los cuerpos muy divididos compuestos de pequeñas partículas, como sucede con el polvo. Nuestros vestidos no son calientes por sí mismos, pero, a causa de su mala conductibilidad, impiden el paso del calor natural que desprende nuestro cuerpo.

Consideremos un cuerpo sólido, líquido o gaseoso que reciba por

una parte el calor, el cual se propaga a través de él: llamemos Q la cantidad de calor que, en la unidad de tiempo, entra y sale por unidad de superficie; t la temperatura de la superficie en contacto con el foco de calor; t' la temperatura de una superficie paralela a la primera y situada a una distancia e, que es el espesor comprendido entre las dos superficies; una vez establecido el estado de régimen:

$$Q = \frac{t - t'}{e} \times K$$

designando por K un coeficiente que depende de la naturaleza del cuerpo en cuestión.

En otros términos, la cantidad de calor que pasa por unidad de superficie es proporcional a la diferencia de temperaturas, entre las dos caras consideradas, e inversamente proporcional al espesor de la capa interpuesta.

Si la diferencia es de un grado y el espesor es igual a la unidad se ve que, entonces, la cantidad de calor Q es igual precisamente al coeficiente K. Por esto se define la conductibilidad de un cuerpo diciendo que es la cantidad de calor que, en la unidad de tiempo y por unidad de superficie, atraviesa una capa de este cuerpo de espesor igual a la unidad cuando, entre las dos caras consideradas, hay una diferencia de temperatura de un grado.

Según Peclet y Despretz, los valores de este coeficiente son los siguientes para las principales substancias empleadas en la práctica:

cobre	19,00	plomo	3,82
fundición	12,28	estaño	6,50
hierro	7,95	mármol	0,49
zinc	6,46	tierra refractaria	8,23

Para los líquidos el valor de este coeficiente es muy pequeño si están en reposo. Así resulta que, si se calienta un líquido en reposo por la parte superior, no hay casi ninguna transmisión de calor por el interior de este líquido. Lo mismo sucede con los gases, pero éstos se agitan mucho por el mismo calentamiento.

Tomando el oro como término de comparación y representando por 1000 su poder conductor, resulta:

oro	1000	estaño	303
platino	981	plomo	180
plata	973	mármol	23
cobre	898	barro cocido	12
hierro	374	porcelana	11
zinc	363	agua	9

Calor radiante.—La intensidad del calor radiante obedece a las tres leyes siguientes:

1.ª El calor radiante es proporcional a la temperatura del manantial de calor.

2.ª Dicha intensidad está en razón inversa del cuadrado de la distancia al manantial.

3.ª La intensidad de los rayos caloríficos es tanto más pequeña cuanto más oblicua es la dirección de estos rayos, con respecto a la superficie emisora.

En el vacío, el calor se propaga sólo por radiación; pero en el aire el modo de propagación es completamente distinto, pues el aire, al calentarse por el calor radiante o por el contacto de un cuerpo caliente, se pone en movimiento siendo reemplazado por nuevas capas gaseosas que se van calentando, a medida que se ponen en contacto con el foco de calor, mientras que las primeras en su movimiento transportan el calor que han recibido. Esto es lo que se produce en todas las instalaciones de calefacción por conductos que presentan una superficie sobre la cual el aire se calienta por contacto, elevándose y dejando sitio a otra capa que, a su vez, se lo dejará a otra y así sucesivamente.

Calor desprendido por el alumbrado.—En las salas de reunión alumbradas profusamente y que son frecuentadas principalmente por la noche, como pasa en los teatros, es preciso tener en cuenta el calor desprendido por el alumbrado.

Así, el gas del alumbrado, que tiene una potencia calorífica igual a 11000 calorías/Kg en promedio (llega a 13000) desprende por cada metro cúbico consumido 7150 calorías, suponiéndole un peso específico de 0,55. Cuatro mecheros que consuman, por ejemplo, cada uno 200 litros de gas por hora, desprenderán:

$$4 \times 0{,}2 \times 0{,}55 \times 13000 = 5720 \text{ calorías.}$$

El aceite de petróleo tiene una potencia calorífica igual a 9800. Su densidad es de 0,82, de donde se deduce que el litro de petróleo desprende 2040 calorías. El aceite para alumbrado tiene una potencia calorífica igual a 9800 en números redondos, su densidad es de 0,91; por tanto, el litro de aceite desprenderá 8918 calorías. Una lámpara ordinaria consume de 30 a 40 gramos de aceite por hora y produce, por consiguiente, de 300 a 400 calorías durante el mismo tiempo.

Una bujía esteárica desprende unas 10000 calorías por kilogramo consumido; ahora bien, una bujía consume unos 10 gramos por hora, de modo que desprende 100 calorías por hora.

Con arreglo a las cifras que acabamos de indicar, se podrá evaluar el calor producido por el alumbrado y, hallando la diferencia con el calor perdido por transmisión a través de las paredes, se

obtendrá la cantidad de calor que hará falta introducir, durante el invierno, en el local para conservar constante la temperatura.

En el verano, por el contrario, se hallará cuál es el exceso de calor y de éste se deducirá la cantidad de aire fresco que hay que introducir para conservar constante la temperatura; la cuestión cambia de aspecto y se convierte en un problema de ventilación, en vez de calefacción.

CHIMENEAS DE CALEFACCIÓN

Consideraciones generales.—Las chimeneas caldean las habitaciones sólo por radiación; sin embargo, como veremos bien pronto, es fácil aumentar el rendimiento de calor completando la chimenea con un aparato que permita utilizar, por lo menos en parte, cierta cantidad del calor perdido. Esta pérdida, para la calefacción con madera, por ejemplo, es de 94 %, de manera que el calor utilizado no pasa del 6 % y, así, de 4000 calorías desarrolladas por el combustible, no se obtendrá más que una radiación de 240, y todavía es necesario admitir que la chimenea esté perfectamente instalada y no se oponga, como sucede a menudo, a la radiación.

El calor procedente del hogar se pierde por contacto con las superficies de enfriamiento o, más bien, atravesándolas. En general, estas superficies son o las paredes de fábrica de la habitación o las vidrieras de las ventanas, superficies que son tanto mayores cuanto más grande es el volumen de aire de la habitación. Por lo tanto, atendiendo al coeficiente de transmisión del calor de cada materia, se deberá construir el hogar tanto mayor cuanto más espacioso sea el local, es decir, ponerlo en condiciones de quemar la cantidad de combustible necesario para obtener el calor preciso.

Chimeneas ordinarias.—La palabra *chimenea* se aplica en construcción, indistintamente, al aparato de calefacción, al conducto que

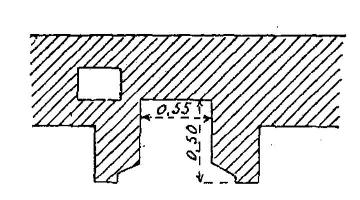


Fig. 1533.
Corte horizontal de una chimenea alojada en el espesor del muro.

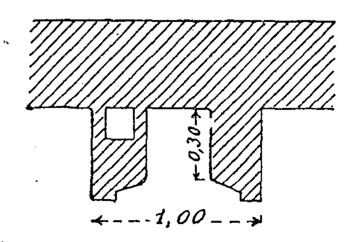


Fig. 1534.
Corte horizontal de una chimenea adosada al muro.

da salida a los humos en el tejado y a la obra de marmolería que reviste el primero. De esta última nos hemos ocupado en las páginas 212 y siguientes; de los conductos de humos, aparte de lo dicho

en la sección *cañones de chimeneas,* página 64, nos ocuparemos después, de modo que nos limitaremos ahora a la chimenea propiamente dicha.

Esta se compone de un hogar y de una boca de escape. Cuando

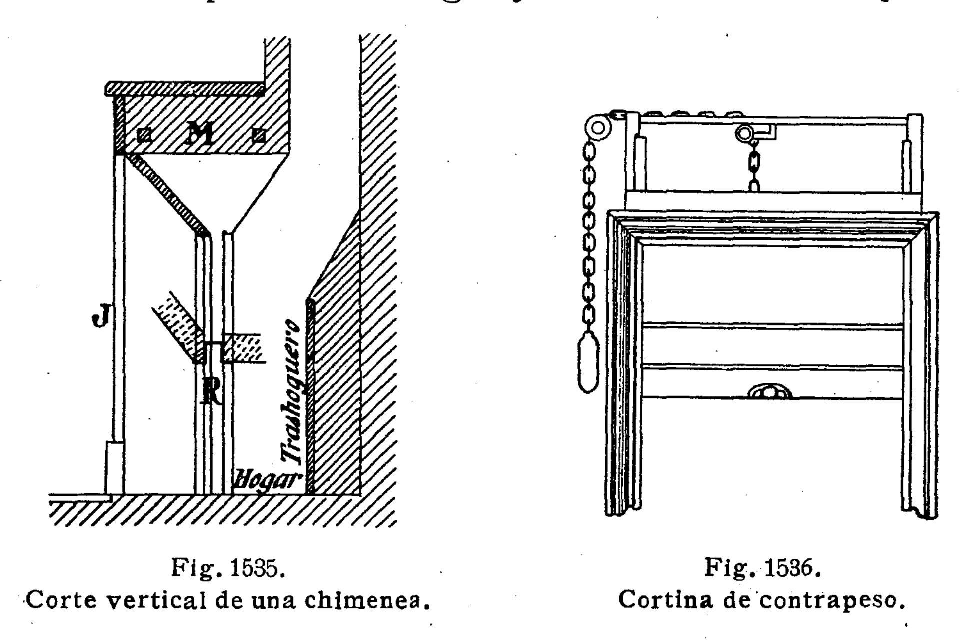
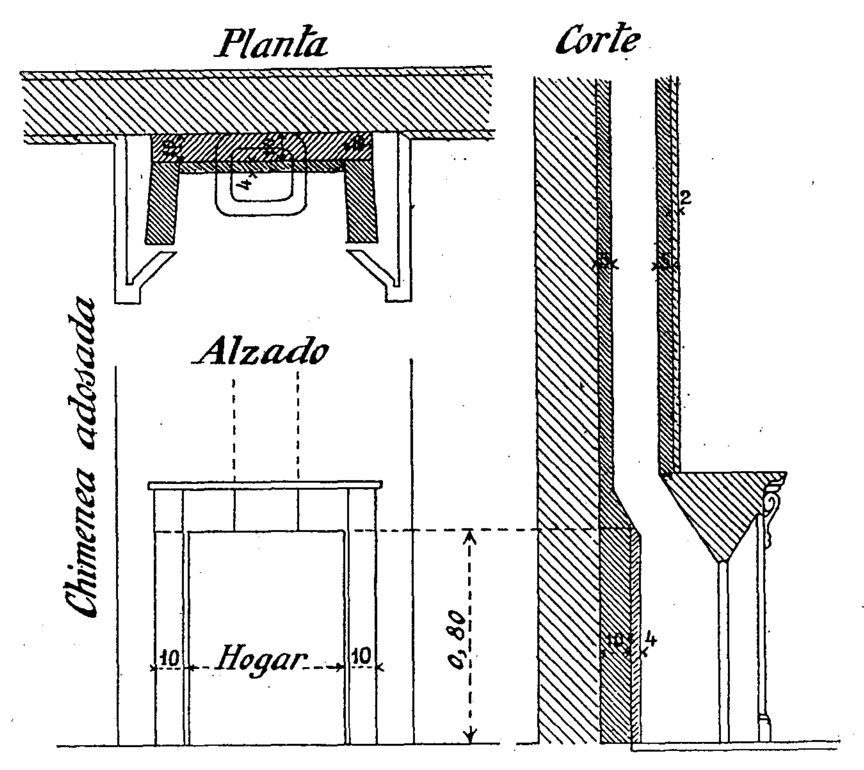


Fig. 1535.
Corte vertical de una chimenea.

Fig. 1536.
Cortina de contrapeso.

los conductos de humos están dispuestos en el espesor del muro, como representa la sección horizontal de la figura 1533, el hogar penetra



Figs. 1537 a 1539.—Chimenea con conducto de humos adosado.

también en él; en cambio, si aquéllos no se pueden alojar en el muro, sea porque éste se halle ya construído (si es un muro medianero, por ejemplo) o bien porque no lo permitan las ordenanzas, se recurre a la disposición llamada *adosada,* que representamos en la figura 1534.

La parte inferior del hogar es una superficie de ladrillos, baldosas de barro cocido o placas de fundición que se apoya sobre un lecho de fábrica. Cuando el suelo es de madera, se forma en el sitio correspondiente al hogar un emparrillado de hierros (figs. 621 y 633) que luego se forja con fábrica. El fondo del hogar se construye de ladrillo o de piedra; a veces está revestido con una placa de fundición (aunque es preferible la plancha porque no se raja) y se llama *trashoguero*. A cada lado del hogar, se colocan los *lienzos* o *jambas JJ* que sostienen el *manto M* (fig. 1535). Este conjunto está cubierto, de ordinario, por una envolvente de mármol y algunas veces de madera. La boca *R* del hogar se cierra por medio de una cortina móvil, compuesta de láminas de palastro—como los cierres de las tiendas—que se detienen en un punto cualquiera, según las necesidades del tiro, por una cremallera o un contrapeso (fig. 1536).

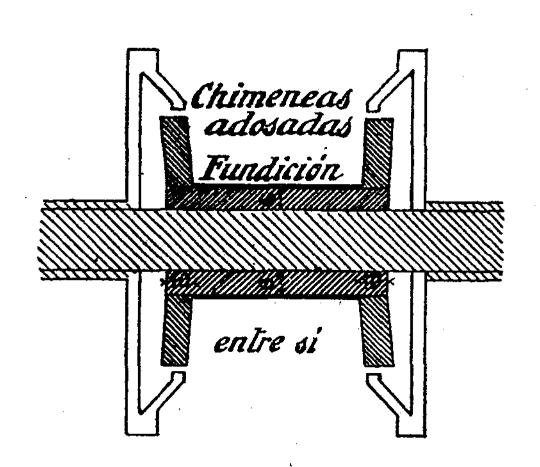


Fig. 1540. — Chimeneas adosadas.

Esta es la chimenea ordinaria; luego veremos algunos perfeccionamientos que eliminan, en parte, sus inconvenientes.

La lengüeta del trashoguero, en los hogares con cañones adosados, debe construirse de ladrillo y tener, por lo menos, una altura de 80 cm, un ancho que sobrepase al del hogar 10 cm de cada lado y un espesor de 10 cm. Además, deberá protegerse con una placa de fundición o con un revestimiento de ladrillos refractarios de 4 cm de espesor aproximadamente. Las demás dimensiones están indicadas en las figuras 1537 a 1539.

Cuando se trate de dos chimeneas adosadas una a la otra, puede reducirse el espesor de la fábrica del trashoguero a 6 cm, en lugar de 10 cm (fig. 1540).

DIMENSIONES QUE DEBEN DARSE A LAS CHIMENEAS

	HABITACIONES		
	Pequeñas m	Medianas m	Grandes m
Ancho o luz de la chimenea . . .	0,81 a 0,97	1,14 a 1,30	1,62 a 1,95
Altura de la mesilla	0,89 a 0,97	0,97 a 1,03	1,14 a 1,30
Ancho de la mesilla	0,27 a 0,32	0,35 a 0,38	0,40 a 0,43

La profundidad varía entre 45 y 80 cm. El ancho de las jambas y de los mantos es $^1/_{10}$ del de la chimenea.

Ventosas.—Las ventosas son conductos que toman el aire del exterior, a través de una rejilla, lo conducen horizontalmente en el espesor del piso y lo llevan al hogar para alimentar la combustión. Cuando sólo se trata de introducir aire en el hogar, no es necesario establecer ventosas, pues las obras de carpintería dejan pasar suficientemente el aire, pero son indispensables cuando la chimenea está provista de un aparato destinado a aumentar el rendimiento térmico. Entonces las ventosas toman aire del exterior y lo llevan al trashoguero, donde se calienta por contacto antes de ser evacuado en la habitación por las bocas de calor. Generalmente, se construyen con tejas planas y yeso, pero, a veces, se hacen también de palastro. De ordinario tienen las siguientes dimensiones: 200 ó 300 cm² para habitaciones ordinarias y 400 ó 500 para las grandes.

Chimenea Leras. — Tenía el hogar de palastro o de fundición (fig. 1541) con una doble pared, para que circulase el aire frío que entraba por *a*. Este aire se calentaba pasando por *b*, debajo del hogar, y por *c* detrás del trashoguero, penetrando en las habitaciones por las bocas de calor *d*, colocadas en los costados de la chimenea.

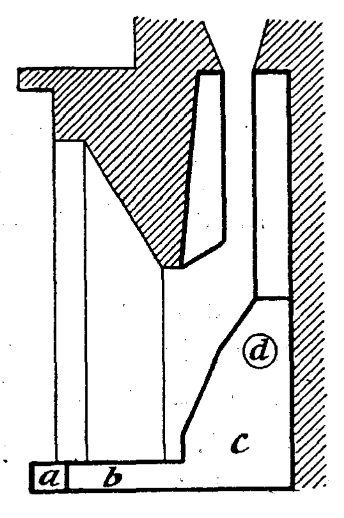


Fig. 1541.
Chimenea *Leras*.

De este modo se mejoraba el aprovechamiento del calor, toda vez que se recuperaba una parte del calor que escapaba en pura pérdida por el conducto de humos. Esta ventaja quedaba desvirtuada por ser difícil la limpieza, pues exigía desmontar la instalación.

Chimenea Fondet.—En ésta, todo el aparato destinado a recalentar el aire es de fundición. Dos tubos horizontales, unidos por prismas huecos y colocados al tresbolillo, se colocan en el fondo del hogar; todo el sistema tiene una inclinación de unos 20° de atrás hacia adelante, el tubo horizontal inferior comunica con la toma de aire y el tubo superior con las bocas de calor, colocadas en los costados de la chimenea. Es necesario tener en cuenta que, en las chimeneas provistas de estos aparatos, sólo conviene usar leña, pues el cok y la hulla deterioran muy rápidamente los tubos.

La idea de recalentar el aire, aspirado directamente del exterior—mediante el calor de la llama y de los humos—antes de introducirlo en la habitación, es la base de todos los recientes perfeccionamientos. Se ha dado una importancia cada vez mayor al aparato de recalentar, tratando de convertir la chimenea en una especie de estufa o de calorífero. Sin embargo, la chimenea se diferencia de éstos en que el hogar permanece descubierto, entrando en él, por

consiguiente, una cantidad de aire mayor que la necesaria para la combustión. Por esto, las chimeneas, aun las más perfeccionadas, son de rendimiento escaso, pero ello se compensa ampliamente con las ventajas de ornato y salubridad.

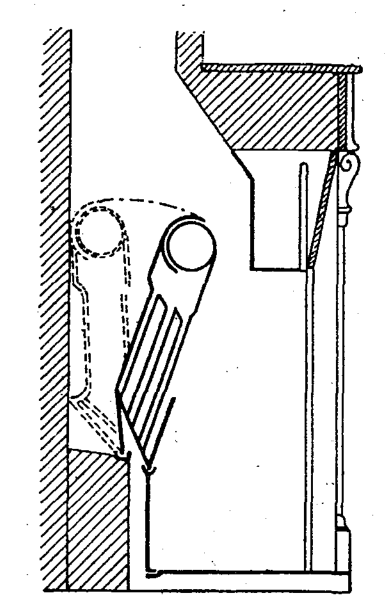


Fig. 1542.—Chimenea *Cordier*.

Chimenea Cordier.—Es un perfeccionamiento del aparato Fondet, con varias filas de tubos, dispuestos al tresbolillo para dejar paso al humo. Este sistema es articulado (fig. 1542) para facilitar el deshollinado; el aparato, cuya posición normal es inclinada, puede colocarse vertical como indicamos con líneas de puntos.

Chimenea Fortel.—Este aparato puede aplicarse a una chimenea cualquiera, sin ninguna preparación previa. Es una caja en la cual se calienta el aire, antes de salir por las bocas de calor. El aire frío, cuya aspiración es provocada por la combustión, penetra por un conducto. Este aire pasa por debajo del hogar, se calienta un poco y penetra por un orificio en la cámara de calor, donde termina de calentarse antes de introducirse en la habitación por las bocas de calor.

Chimenea Manceau.—El recalentador de aire de esta chimenea es de una sola pieza y muy sencillo, estando provisto de aletas para obtener mayor superficie de calefacción; en la figura 1543 damos una vista en perspectiva del mismo.

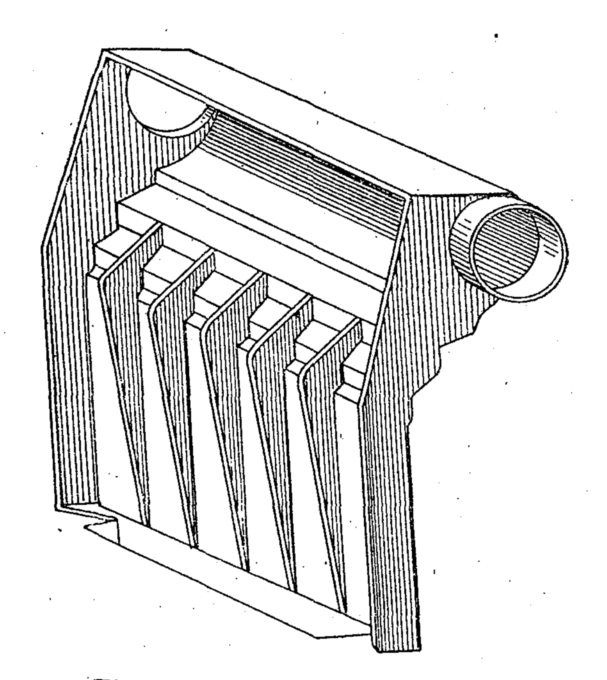


Fig. 1543. — Chimenea *Manceau*.

Chimenea Joly.—Este constructor se propuso combinar las ventajas que presenta el hogar libre y aparente con las que tienen las estufas y obtener, simultáneamente, la evacuación del aire viciado, la introducción de un volumen equivalente de aire nuevo —a una temperatura moderada, que no exceda de 40 ó 50° — al mismo tiempo que la economía del combustible.

Las figuras 1544 a 1546 indican la disposición de esta chimenea. La gran diferencia esencial entre ella y los sistemas precedentes

estriba en que aquí el humo pasa por el interior de los tubos, mientras que en las demás disposiciones la llama y el humo rodean y lamen las superficies de calefacción. El deshollinado es mucho más fácil, el aire circula libremente, se puede aumentar indefinidamente el número de nervaduras y de superficies de transmisión del calor.

El aire entra en cantidad suficiente por el conducto *c*, situado debajo de la placa *A* del hogar, dirigiéndose a la cámara de calor *C*; el hogar lo forma una concha *B* de fundición que hace las veces de reflector y tiene hacia arriba un estrechamiento con objeto de asegurar un buen tiro, aun en las peores chimeneas. La superficie interior de la concha *B* es lisa, para evitar cualquier entorpecimiento en la marcha de los humos, mientras que la exterior es ondulada y provista de numerosas aletas o nervaduras encorvadas, para multiplicar la superficie de transmisión en el sitio donde el calor es más intenso, es decir, en la parte superior del hogar.

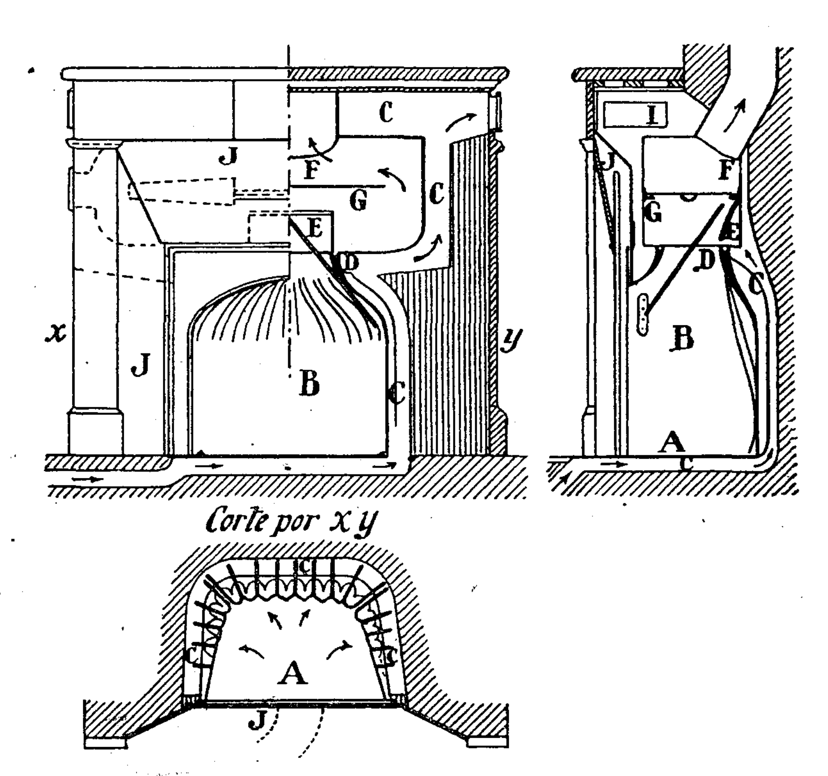


Fig. 1544 a 1546. — Chimenea *Joly*.

La forma de la concha permite colocar en ella *morillos* si se trata de quemar leña, o una parrilla cuando se usa carbón de piedra o cok, pues, sobre todo en las casas de alquiler, es preciso que las chimeneas puedan alimentarse con cualquier combustible, sin tener que efectuar obra o cambio alguno. En la parte alta de la concha, hay un reborde ranurado donde encaja el marco de fundición *D* que sostiene un registro *E* de cierre cónico. En la parte superior existen tubos de palastro *J* o el tambor *F*, destinados, como en las estufas de porcelana, a aprovechar el calor perdido de los humos. El tambor se cierra por dos placas móviles que forman cubierta y que permiten dirigir el humo hacia donde se quiera, según la posición de los tubos en los muros; *I* es la boca de calor colocada, no a 60 cm del suelo como de ordinario, sino debajo del tablero de mármol, encima de una placa de palastro que cierra por delante la cámara de calor *C*. Esta ha sido estudiada de modo que deje paso libre al aire, pues el objeto de toda calefacción racional es procurar la circulación de un

gran volumen de aire a temperatura media, mejor que el de una cantidad pequeña de aire muy caliente y, por lo tanto, desecado y carbonizado. Una pantalla ordinaria, colocada por el interior, facilita el encendido y oculta el hogar durante el verano; por último, basta correr la pantalla *G*, que desliza en ranuras, para deshollinar directamente sin desmontar nada del aparato. Cuando no sea posible disponer una toma de aire exterior, se aspirará el aire de la habitación misma por un registro con enrejado que habrá en el plinto de madera, para conducirlo al conducto *c*; de este modo habrá calefacción y ventilación, aunque la renovación del aire tenga lugar por las rendijas de las puertas y ventanas, lo que es menester evitar. Cuando, por un motivo cualquiera, no se quiera o no se pueda colocar el tambor *F*, se empalmará el hogar directamente con el conducto de humos, aislando cuidadosamente la cámara de calor.

Sin duda, los primeros gastos de instalación de un aparato de esta clase son un poco más elevados, pero después de algunas semanas se habrá compensado este desembolso por la economía de combustible, sin contar la ventaja de obtener una calefacción racional.

La idea de los tubos o del tambor fuera del hogar no es nueva, pero en la mayor parte de los aparatos se hacía pasar el humo exteriormente a ellos, lo que dificultaba mucho el deshollinado y no permitía aumentar, a voluntad, la superficie de transmisión, como se obtiene con las aletas en la cámara de calor, sin estorbar el paso del humo. Una de las ventajas más importantes de este aparato es el aprovechamiento de la parte superior de la llama, cuyo calor es diez o doce veces mayor que el radiado lateralmente; ello se puede comprobar aproximando un papel—por un lado o por encima—a una bujía y observando la distancia a que se enciende en ambos casos.

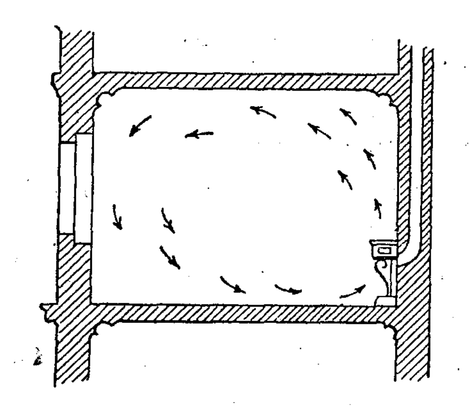


Fig. 1547. — Movimiento del aire, cuando el aparato de calefacción está debidamente dispuesto.

El registro *E* se destina a regular el tiro o a cerrar por completo la entrada del aire exterior (para impedir las corrientes descendentes) o, por último, a tapar por completo los tubos en caso de incendio en la chimenea y puede revisarse con facilidad. Si la toma de aire es proporcionada al orificio de salida de humos, se producirá en el local la circulación de aire indicada en la figura 1547, que es fácil de comprobar por observaciones termométricas o con globos llenos de hidrógeno, de los que se emplean para diversión de los niños. Dando a estos globos un peso igual al del aire confinado y sujetándolos por un hilo, será posible seguir la dirección de la corriente de aire en la sala.

ESTUFAS

Generalidades.—Se designan con este nombre los aparatos, fijos o móviles, colocados en el interior de los locales y en los que se quema un combustible cualquiera.

Las estufas se construyen de palastro, de fundición o de barro cocido y sus formas son muy variadas. De todos los aparatos empleados para caldear locales, son los que mayor rendimiento de calor dan, a igualdad del peso de combustible quemado; por el contrario, su efecto de ventilación es casi nulo y desecan el aire excesivamente.

No podemos examinar aquí todos los modelos propuestos; sólo tomaremos dos ejemplos: una estufa metálica aislada y una fija de porcelana para comedor.

Estufas metálicas.—Una de las disposiciones menos deficientes es la de doble envolvente en virtud de la cual el aire, calentado por la circulación de los humos, sale por las aberturas enrejilladas que desempeñan el papel de bocas de calor.

Algunas de estas estufas han sido estudiadas: ya para reducir el consumo de combustible, ya para asegurar una marcha regular sin necesidad de cuidarla. Estas estufas se llaman *de combustión lenta;* de ordinario, consisten en un cilindro cerrado por arriba que se llena de combustible; los gases desprendidos descienden hacia el hogar (fig. 1548), lo atraviesan, quemándose, y escapan al espacio anular que rodea el cilindro, con lo que se obtiene una combustión completa. Este sistema se aplica para el aprovechamiento de cok, combustible que se presta a arder en masa.

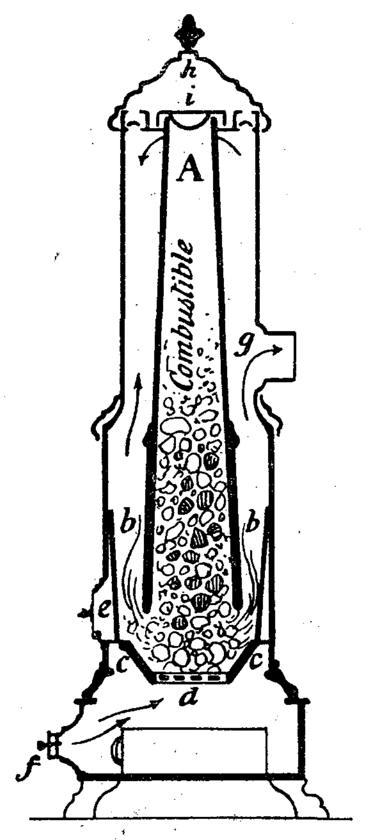


Fig. 1548. — Estufa metálica de doble envolvente para combustión lenta.

El depósito de combustible A es de forma cónica y abierto por debajo; la parte inferior b está guarnecida con un grueso revestimiento de fundición, para sufrir la acción del fuego. El combustible queda retenido en una canastilla de fundición c con parrilla móvil d que deja penetrar el aire necesario para la combustión. La puerta e del hogar tiene una placa transparente de mica, para observar la intensidad del fuego; la del cenicero f permite regular la entrada del aire.

El humo, después de subir hasta la parte superior de la estufa por un lado, vuelve a descender por el opuesto para salir por el tubo de escape *g*.

La carga se efectúa por arriba, quitando las tapas *h* e *i*. Para encenderla, se colocan sobre la parrilla virutas, algo de carbón vegetal y encima una pequeña cantidad de cok y se pega fuego. Después que el cok forme brasa se completa la carga.

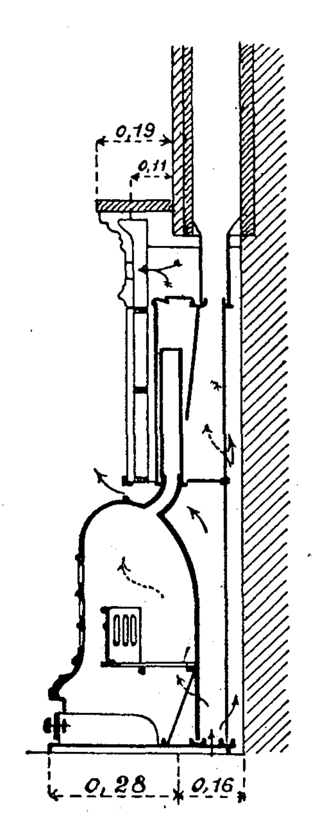


Fig. 1549.
Estufa de porcelana para comedor.

Estufas de loza.—Las estufas de loza se construyen de todas las formas y dimensiones y contienen en su interior tabiques cuyo objeto es forzar al humo a circular todo lo posible por el aparato, antes de llegar al tubo de salida, para que ceda a las paredes la mayor parte de su calor.

Las estufas-chimenea que se usan, ordinariamente, en los comedores de las casas de alquiler son de construcción tal que se pueden deshollinar fácilmente, pero dan poco calor, pues no aprovechan, por completo, el que arrastran los productos de la combustión.

Tienen generalmente muy poco vuelo, unos 11 cm, para no disminuir las dimensiones de la habitación, pero este vuelo tan pequeño no se puede obtener sino alojando los conductos de humos en el espesor del muro.

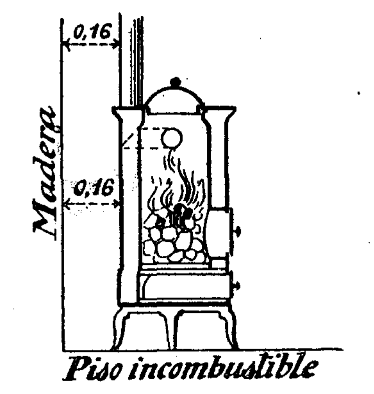


Fig. 1550.
Instalación de una estufa de doble envolvente.

Como ejemplo, damos en la figura 1549 una estufa «Sebastien» de construcción mixta de metal y loza.

Estas estufas se construyen como las demás. Una vez colocado el hogar, el obrero prepara la cubeta de toma de aire con muretes de ladrillo de 6 cm de espesor, de modo que la placa de fundición del aparato, en la cual están los agujeros, quede libre y puedan funcionar bien las tomas de aire.

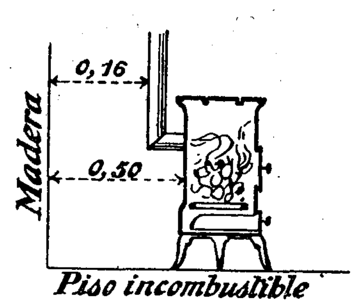


Fig. 1551.
Instalación de una estufa ordinaria.

Instalación de las estufas.—Las estufas pueden situarse en los locales en las condiciones siguientes, que son las convenientes para evitar los riesgos de incendio.

Entre cualquier obra de carpintería y la estufa se dejará una separación de 16 cm lo menos, si son de doble envolvente (figura 1550) y de 50 cm en el caso contrario (fig. 1551).

Cuando el suelo de las habitaciones sea de entarimado, todos los aparatos móviles de calefacción deberán colocarse sobre una plataforma incombustible de suficiente espesor (fig. 1552).

Madera
0,50
0,08
0,30
Entablonado ó entarimado

Fig. 1552.
Instalación de una estufa sobre piso de entarimado.

CALORÍFEROS DE AIRE CALIENTE

En general, un calorífero es un generador de aire caliente. Este aire (que se toma del exterior, generalmente de lado norte) almacenado en una cámara de calor se distribuye, después, por medio de tubos a los locales que hay que caldear.

Toma de aire.—Los caloríferos están instalados, casi siempre, en los sótanos, por lo cual la toma de aire frío, que debe llegar directamente a la parte baja del hogar, forma un foso o zanja con paredes y solera de ladrillo y techo forjado con mortero. La sección total debe equivaler, por lo menos, a las tres cuartas partes de la suma de las secciones de los diversos conductos de aire caliente. Generalmente, se coloca la toma de aire mirando al norte; en todos los casos, es preciso ponerla en el sitio más favorable para que el aire tomado sea puro.

Conductos de aire caliente.—Los canales conductores de aire caliente deben tener, por lo menos, 400 cm^2 de sección para locales pequeños, 500 para los de tamaño corriente y, por último, de 500 a 800 cm^2 para locales grandes. Para fijar la sección se debe tener en cuenta la distancia: así, cuando entre la cámara de calor y la llegada a la habitación hay una longitud de conducto superior a veinticinco metros, se puede obtener su sección *en decímetros cuadrados* dividiendo la distancia por 5; por ejemplo, si el conducto tiene 35 metros de largo, su sección deberá ser $\frac{35}{5} = 7$, es decir, 700 cm^2.

No deben colocarse nunca horizontales, porque el aire permanecería estancado en ellos y saldría en cantidad muy pequeña por las bocas de calor; es menester aprovechar la propiedad que tiene el aire caliente de elevarse y dar a los conductos una pendiente mínima de dos centímetros por metro.

Los conductos se construyen con caños de barro cocido o con

tubos de hierro y se suspenden del techo del sótano, por medio de grandes bridas de hierro plano empotradas en el forjado (fig. 1553). Para evitar la pérdida inmediata del calor en los sótanos, se revisten los tubos con una gruesa camisa de yeso.

Bocas de calor.—Son los orificios practicados en los zócalos o en los entarimados y por donde desembocan los conductos de aire, a su llegada al local que se quiere caldear. Las bocas de calor se colocan en la parte inferior de los tabiques, en los zócalos o en los estilobatos y entonces son de fuelle (fig. 1554) o de corredera (figura 1555). En el entarimado, es decir, colocadas horizontalmente, las bocas pueden ser redondas y compuestas de dos discos con agujeros,

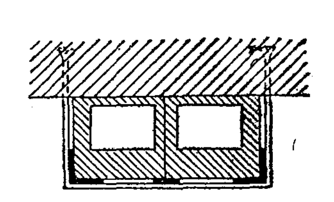
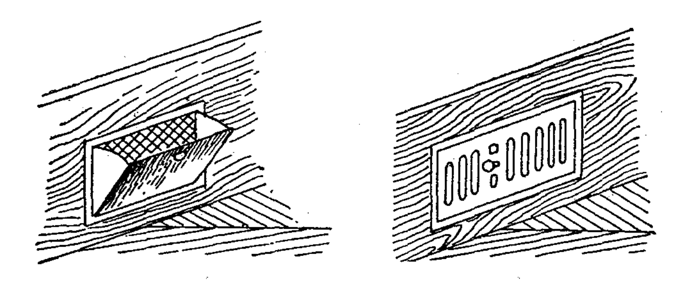


Fig. 1553.
Suspensión de los conductos de aire en el sótano.



Figs. 1554 y 1555.—Bocas de calor.

mitad llenos y mitad vacíos; por un ligero movimiento de rotación, la parte llena del disco inferior se va a colocar delante de los agujeros del otro y se cierra la abertura; colocando los agujeros de ambos discos en correspondencia, se permite la introducción del aire caliente. La boca cuadrada o rectangular está basada en el mismo principio de partes llenas y huecas en las que una de las dos placas está montada sobre corredera. Todas estas bocas pueden ser de fundición o de cobre.

Superficie de la parrilla.—Para determinar la superficie s de la parrilla del calorífero en metros cuadrados, se admite que se queman en ella unos 60 Kg por metro cuadrado y por hora.

Siendo Q la cantidad de calor que se ha de suministrar y 5000 el número de calorías útiles que da un kilogramo de hulla, se tendrá:

$$s = \frac{Q}{5000 \times 60}.$$

Para el cok puede tomarse la misma superficie. Para la madera, la turba, etc., la superficie debe aumentarse en un cincuenta por ciento.

Superficie de calefacción. — En la campana del calorífero el humo está mucho más caliente que en los tubos; el aire que está en

contacto con esta campana es más frío que el que está en contacto con los tubos; de esto se deduce que la transmisión del calor es mucho mayor en las inmediaciones de la campana que en los extremos de los tubos; sin embargo, la experiencia ha demostrado que se puede admitir, como término medio del conjunto, que en los caloríferos de fundición pasan 3000 calorías—por hora y metro cuadrado de superficie de calefacción—del humo al aire. Como hay que suministrar Q calorías al aire, la superficie de calefacción (campana y tubos) debe ser $S = \frac{Q}{3000}$.

Cuando se emplean superficies metálicas con nervaduras, se debe contar que éstas transmiten vez y media el calor transmitido por la superficie lisa en la cual se han implantado las nervaduras. Una pared nervada de superficie doble que otra lisa transmite, pues, triple cantidad de calor que ella.

En los caloríferos cerámicos de tierra refractaria el coeficiente de transmisión del calor no es más que de 700 calorías, la superficie de calefacción (campana y tubos) debe, pues, ser igual a $\frac{Q}{700}$.

Las dimensiones obtenidas por las fórmulas anteriores son las mínimas y es necesario aumentarlas, todo lo posible, a fin de tener en cuenta todas las eventualidades.

Conductos de humos.—Indicaremos primero la manera de calcular sus dimensiones y daremos luego diversos detalles constructivos.

CÁLCULO DE SUS DIMENSIONES.—Se determinan las dimensiones de una chimenea por medio de la fórmula

$$p = 70\, s_0 \sqrt{H}$$

en la cual representan

p el peso de hulla que se quema por hora, que vale $\frac{5000}{Q}$, en Kg,
s_0 la sección de la chimenea, en m^2,
H la altura de dicha chimenea que depende de la del edificio, en m.

A las dimensiones de la sección teórica que se obtengan hay que agregar, a cada lado, 3 cm para tener en cuenta el estrechamiento ocasionado por el hollín. Cuando se alimente la estufa con leña, es preciso dar a la sección vez y media el valor obtenido para la hulla por la fórmula anterior; lo mismo pasa con la turba.

REGLAS CONSTRUCTIVAS.—Los tubos de humo arrimados a las paredes de entramado metálico pueden disponerse en la forma indi-

cada en la figura 1556, intercalando una capa de yeso de 5 cm de espesor entre los conductos y el muro.

Los caños adosados deberán ser de barro cocido y de enchufe, y su espesor total, incluso el enlucido, debe ser de 8 cm (figura 1557).

No conviene desviar los conductos de humos más de 30° de la vertical.

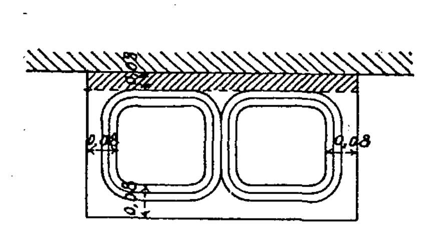


Fig. 1556. — Sección transversal de conductos adosados.

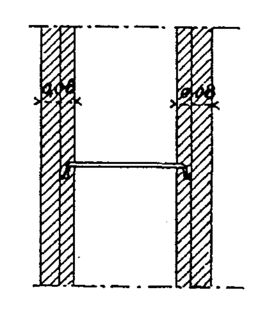


Fig. 1557.—Caños de barro cocido, enlucidos, para conductos de humos.

Cámara de calor.—Debe ser muy amplia, sobre todo por arriba, en el punto de partida de los tubos de distribución del aire caliente. De la parte superior, arrancan los conductos que caldean las habitaciones más alejadas e, inmediatamente debajo, los destinados a locales más próximos. Esta disposición tiene su razón de ser, puesto que el aire caliente es tanto más ligero cuanto más alta es su temperatura y, por consiguiente, es el aire más caliente el que se introduce en las cañerías superiores, lo que es racional, pues debiendo recorrer un trayecto más largo, sufrirá mayor enfriamiento. Cada uno de estos conductos, a la salida del calorífero, debe estar provisto por el exterior de una llave de paso que permita suprimir, en caso de necesidad, la calefacción en una habitación cualquiera. En la cámara de calor se dispone un recipiente lleno de agua, alimentado por un depósito de flotador, para saturar de humedad el aire, sin lo cual el ambiente no sería soportable.

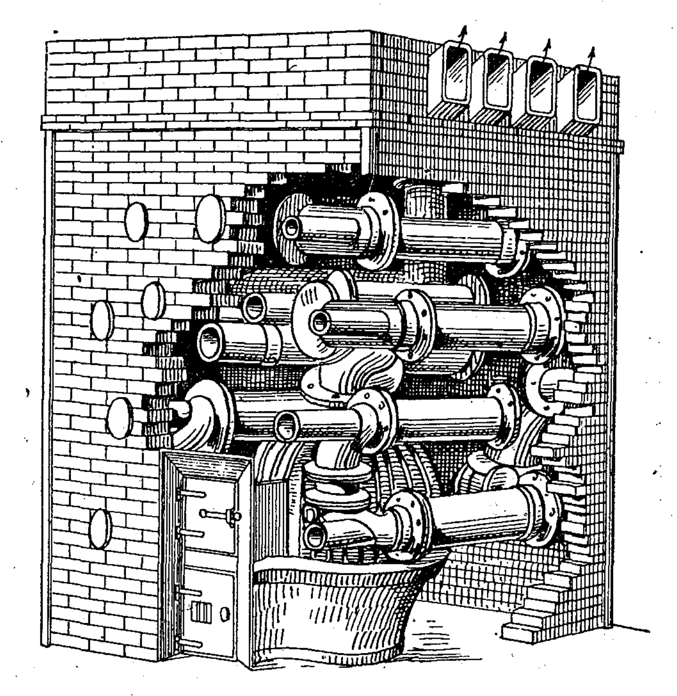


Fig. 1558. — Calorífero *Delaroche*.

Se debe dejar, siempre, en la cámara de calor un espacio libre de 50 cm, entre el calorífero y las paredes. Estas deben ser dobles, para evitar una pérdida inmediata, y los tabiques que la constituyen tendrán una separación de unos diez centímetros.

Caloríferos de campana.—En la actualidad, casi todos los caloríferos están provistos de una campana de aletas y de un juego de

tubos de palastro, o de hierro fundido, que forman la superficie de calefacción. La figura 1558 es un modelo de la casa Delaroche, de París.

También se construyen caloríferos sin campana, con hogar ordinario. En éstos, el hogar está colocado muy bajo, lo cual aumenta la altura de tiro, y se halla rodeado de una envolvente refractaria para evitar que se pongan incandescentes las paredes metálicas y que se requeme el aire destinado a la calefacción.

Caloríferos Perret.—Se idearon para consumir combustibles pulverulentos que abundan bastante, bien como sobrante de la explotación de minas o como residuos de combustibles ya utilizados en parte. Los menudos de hullas más o menos grasas se aprovechan bien, gracias a la fabricación de briquetas; pero si se quiere aglomerar polvos de hulla seca o de cok, resulta que se logra solamente la combustión del elemento aglomerante, yendo al cenicero una porción considerable del combustible empleado. Lo mismo pasa con la turba menuda, con el menudo de carbón de las forjas y, sobre todo, con los materiales que hasta ahora no se aprovechaban de modo alguno, como son los hollines de las locomotoras y la mayor parte de los residuos de hogares, a pesar de conservar una parte relativamente importante de carbono. Estos últimos, por ejemplo, después de separar las escorias más gruesas, contienen todavía 30 ó 35 $^0/_0$ de materia combustible y, si se trata de hogares de tiro muy activo, hasta 55 $^0/_0$.

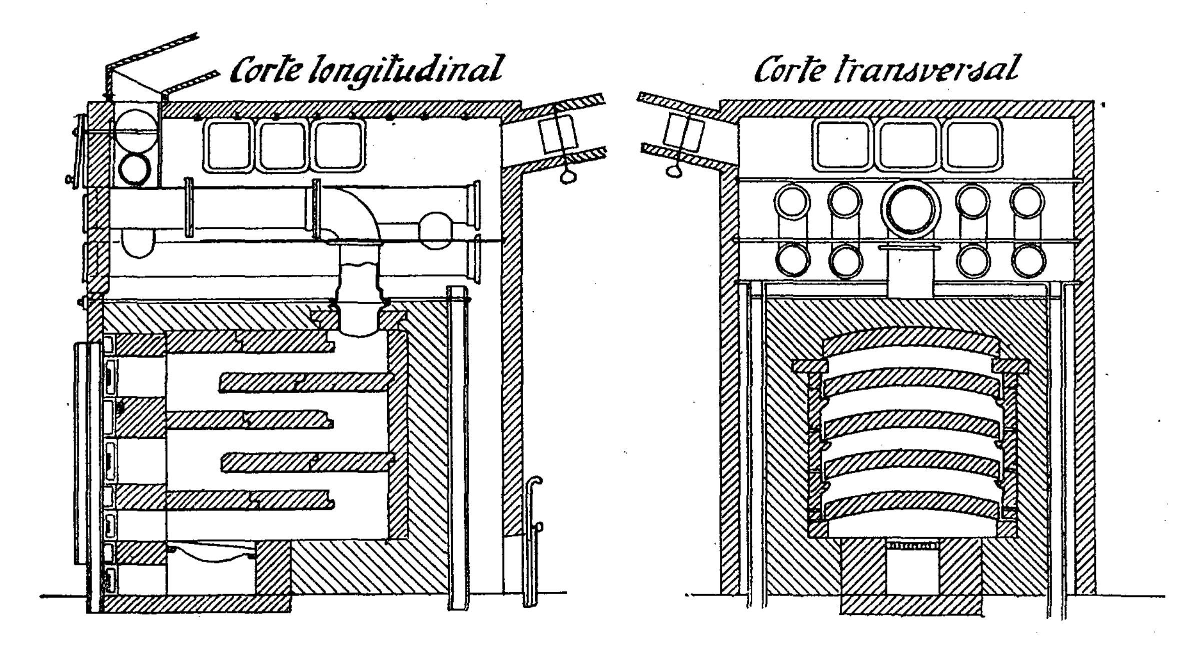
La dificultad de emplear estos residuos, en hogares ordinarios de parrillas, reduce mucho su precio y, si se observa que las fábricas de gas producen anualmente millares de toneladas de polvo de cok, se comprenderá fácilmente la economía que se puede introducir en la calefacción empleando hogares que aprovechen estos residuos, no sólo sin preparación alguna, sino también del modo más completo posible. En la práctica, esta economía puede llegar hasta el 50 $^0/_0$.

Perret logró este resultado por medio de un hogar de pisos, análogo al empleado por el mismo autor en los hornos de tostación de piritas. Las figuras 1559 y 1560 representan un calorífero con hogar de cuatro pisos. Cada piso está constituído por placas refractarias de una sola pieza, ligeramente arqueadas para formar bovedilla. El frente está dotado de cuatro aberturas superpuestas, provistas de portezuelas, que sirven para introducir y remover el combustible en los pisos y para extraer los residuos del cenicero.

Las placas están sostenidas por las paredes laterales del hogar, que son también de ladrillo refractario, y el conjunto está rodeado de un macizo de ladrillo ordinario para evitar la pérdida del calor y consolidar la obra que, además, está debidamente arriostrada por armaduras metálicas.

La combustión se efectúa por medio de aire caliente: para ello, se utiliza la radiación de la placa delantera de fundición, disponiendo delante de ella una puerta de palastro que hace las veces de pantalla; el aire de alimentación, al pasar por entre estas dos puertas se calienta y en seguida penetra en cada piso, por aberturas pequeñas que hay en las puertas y que el fogonero puede disminuir o aumentar por medio de registros de corredera.

Para poner en marcha el calorífero, se enciende—en el cenicero o en un hogar accesorio con parrilla—un fuego de llama lo más larga posible, para poner al rojo las placas que constituyen los pisos; entonces, se echa en todos una primera capa de combustible en polvo que, al ponerse en contacto con las placas al rojo, entra en ignición.



Figs. 1559 y 1560.—Calorífero *Perret.*

La maniobra posterior se reduce a hacer descender el combustible de piso en piso, cargando el superior, que ha quedado libre, con otra capa de combustible fresco que se extiende de modo que quede libre la circulación del aire entre los diversos pisos. Esta operación se repite, según las necesidades, de una a cuatro veces en veinticuatro horas de modo que, sin perjudicar la buena marcha, se puede consumir una cantidad de combustible que oscila entre uno y cuatro: las cifras corrientes son de 2 a 8 Kg por hora y por metro cuadrado de superficie de piso. Esta variación del consumo se obtiene graduando el registro, que regula la salida de los productos de la combustión, y las portezuelas por donde entra el aire que alimenta aquélla, sin que haya necesidad de preocuparse del calorífero fuera de las horas de carga.

Como que el combustible se extiende en capas delgadas entre dos losas al rojo—de las cuales una lo sostiene y la otra le envía calor por radiación—y como que no se deja más que un espacio de

algunos centímetros para la circulación del aire, se mantiene a temperatura elevada. El descenso del combustible, de un piso al inferior, produce una calefacción metódica que permite llegar al agotamiento del combustible, de modo que en el cenicero no se encuentran vestigios de carbono.

Por último, en este hogar, el aire circula con menor resistencia que en los de parrilla; por lo tanto, el tiro puede reducirse al mínimo y regularse la introducción del aire de un modo muy preciso; esto explica la posibilidad de reducir la alimentación a una sola carga cada veinticuatro horas.

En el calorífero representado en las figuras 1559 y 1560, el aire frío que ha de caldearse sube por detrás del hogar, lame los tubos de humo — de palastro — colocados debajo de la primera pantalla de palastro, al llegar al extremo de ésta, sube, para seguir a lo largo de una segunda fila de tubos de humo entre las dos pantallas y, finalmente, va a acumularse en la parte superior de una cámara, de donde arrancan los conductos de aire caliente para la calefacción.

La lentitud de combustión, la continuidad de marcha—que contribuye de un modo eficaz a evitar el enfriamiento nocturno—y la facilidad de regulación, hacen de este calorífero un tipo muy indicado para la calefacción de grandes edificios y especialmente de iglesias. El aire caliente obtenido es, por lo demás, perfectamente respirable, como pasa siempre que se caldea en aparatos donde no está en contacto con superficies metálicas al rojo. El hogar Perret da, también, excelentes resultados en la calefacción industrial (estufas, secaderos, etc.) y dondequiera que haga falta una gran cantidad constante de calor obtenido con economía y, principalmente, en sitios donde sea menester un caldeo continuo, pues la puesta en marcha—más dificultosa que en los caloríferos de hogar pequeño—haría costoso un servicio intermitente.

CALEFACCIÓN POR AGUA CALIENTE

Calefacción por agua a baja presión. — La calefacción por agua caliente y a baja presión está basada en el hecho de que el agua caliente, a igualdad de volumen, es menos pesada que el agua fría. Esta calefacción se realiza por un movimiento circulatorio y continuo del agua, la cual, después de haber sido calentada en una caldera, se eleva por una serie de tubos y, una vez enfriada, vuelve a la caldera por otra tubería (fig. 1561).

Una caldera, llena de agua, se instala en el punto más bajo del edificio que se desea calentar; de ella sale un tubo que lleva el agua a un recipiente, colocado en la parte más alta del edificio y llamado

recipiente de expansión; de éste parten los tubos, para alimentar los aparatos (radiadores, por ejemplo) de los distintos pisos que se trata de calentar, de donde vuelven a la caldera.

Caldeada a 60 ó 90°, el agua transmite — por metro cuadrado y hora—360 ó 390 calorías.

Cuando el agua sale de la caldera está a una temperatura de unos 90° y no tiene más de 30° cuando vuelve a entrar en ella. Por tanto, conviene considerar como temperatura media la de 60° y fijar en 400 calorías la cantidad de calor transmitida—por hora y por metro cuadrado de superficie de calefacción. Siendo Q el número de calorías necesarias, se requerirá, pues, una superficie de calefacción igual a $\frac{Q}{400}$.

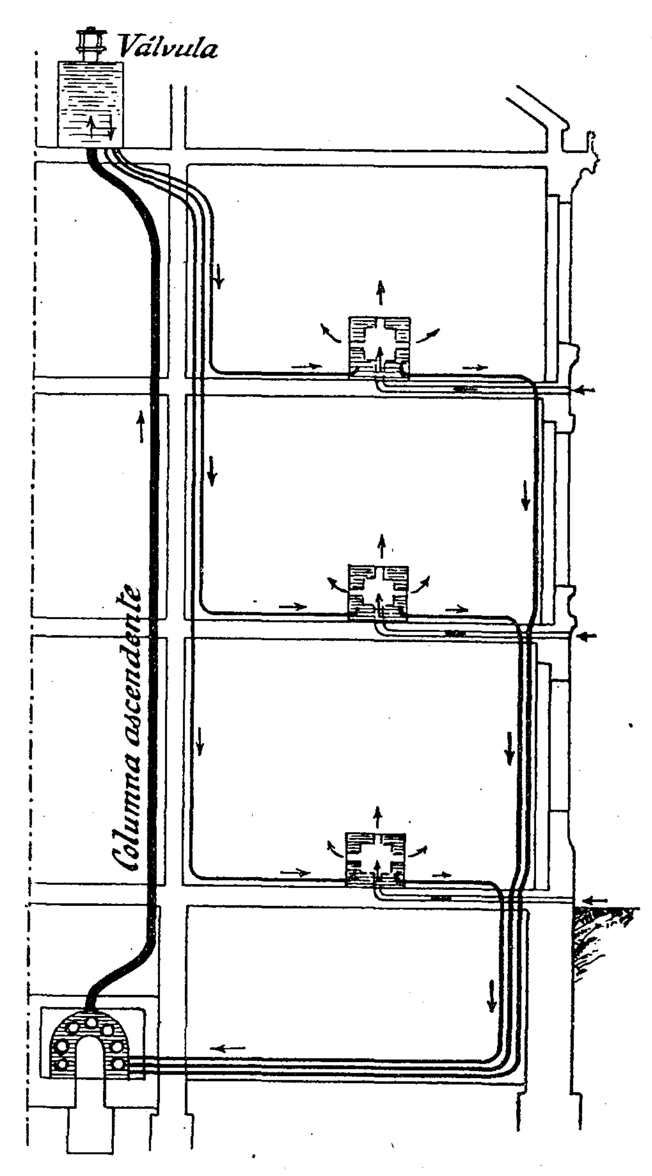


Fig. 1561.
Esquema de una instalación de caldeo, por agua a baja presión.

Llamemos t a la temperatura del agua, al entrar en los aparatos, y t' a la temperatura de salida; pasando de t a t', cada metro cúbico de agua habrá desprendido:

$$1000 \times (t - t') \times 1 \text{ calorías;}$$

como acabamos de decir, ordinariamente se toma $t = 90°$ y $t' = 30°$; la diferencia $t - t'$ es, pues, igual a 60°, que corresponde a 60000 calorías por metro cúbico. Pero como no se aprovecha la totalidad de este calor en la calefacción, tomaremos por ejemplo 50000 calorías por metro cúbico, de modo que deben circular $\frac{Q}{50000}$ m³ de agua por hora para suministrar las Q calorías necesarias.

Los tubos pueden ser de fundición, lisos o provistos de aletas, de cobre y también de hierro.

Las calderas de ordinario son sencillas y de la mayor superficie de calefacción posible.

Calefacción de los baños. — Se efectúa mediante un aparato que toma el nombre de *termosifón* y que, en pequeño, es el mismo sistema que acabamos de exponer, pero con una caldera de poca

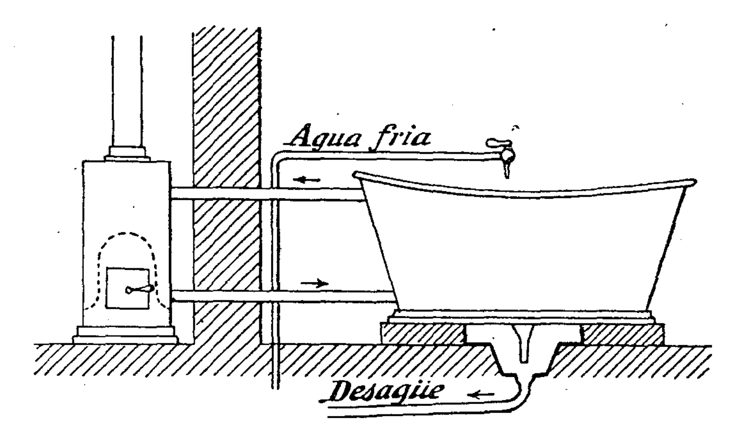


Fig. 1562.—Termosifón para calentar el baño.

importancia, o un calentador como el representado en la figura 1562.

No obstante, casi siempre es posible calentar el baño de un modo más económico en las casas de habitación. Se trata de la calefacción por medio del hornillo de la cocina, disposición muy sencilla que representamos en la figura 1563.

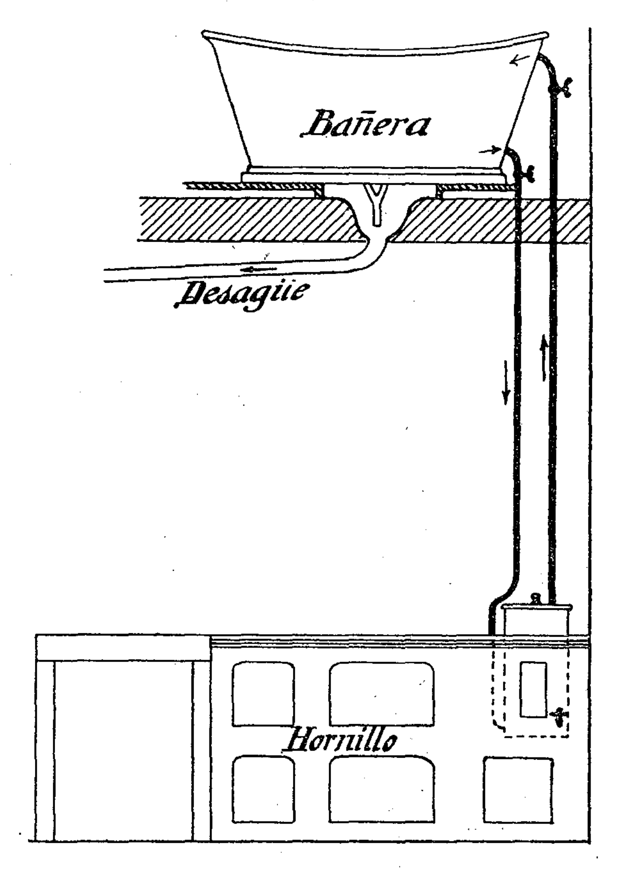
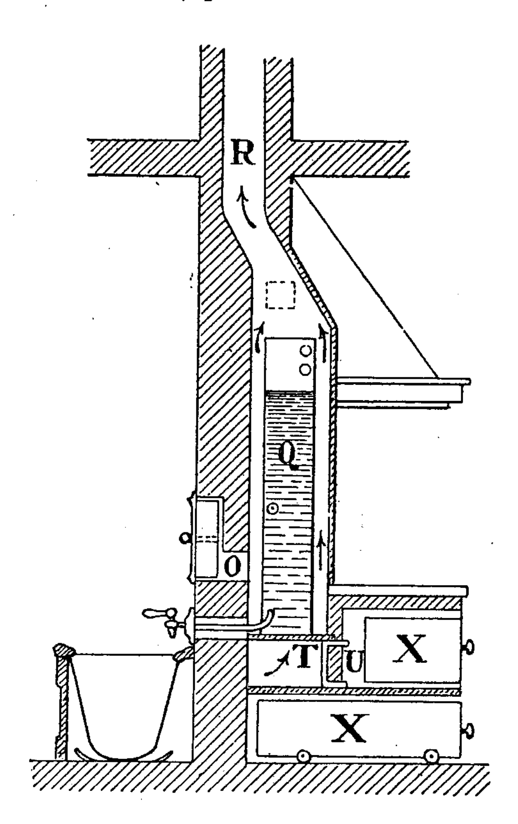


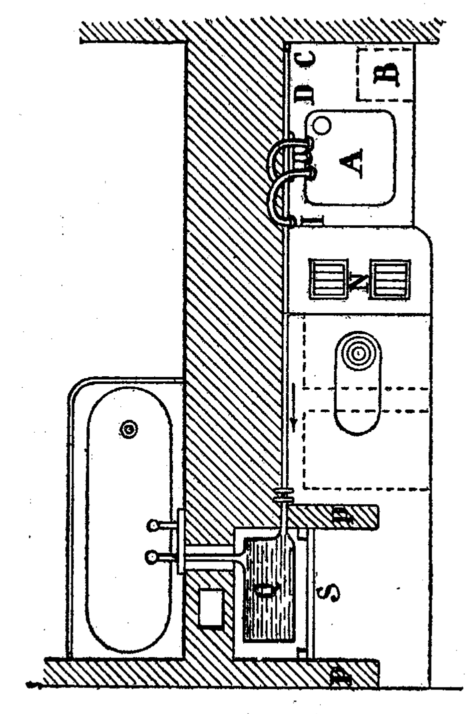
Fig. 1563.
Baño calentado por el hornillo de la cocina.

Otro sistema, preconizado por Joly, consiste en aprovechar el calor perdido de los humos, antes de su paso por la chimenea. El sistema de Joly (figuras 1564 y 1565) se adapta perfectamente a nuestro sistema de habitaciones superpuestas; no necesita una instalación costosa y aprovecha el calor perdido de la cocina; puede aplicarse en cualquier parte y sólo debe variar el tamaño del depósito según las necesidades. Cuando sea posible y en instalaciones modestas, deberá colocarse el baño lo más cerca posible del hogar de la cocina, para utilizar el calor del mismo por medio de ventosas dispuestas convenientemente. En las figuras se supone el cuarto de baño contiguo a la cocina, existiendo una boca de calor *O*; esta disposición tiene la ventaja evidente de economizar cañerías. Cuando el cuarto de baño queda

lejos de la cocina, el agua ha de circular en sifón por tuberías colocadas debajo del pavimento (fig. 1566).

Si la casa está construída ya, se podrá colocar el depósito delante del muro, pero entonces el hogar será algo estrecho, siendo preferible aprovechar el espesor del muro para abrir una roza de 30 centímetros, donde se alojará el depósito.





Figs. 1564 y 1565. — Disposición de *Joly* para calentar el baño.

En las figuras, *A* es el fregadero con cierre hidráulico (fig. 1564) capaz de evacuar tanta agua como puedan dar los dos grifos a la vez; *B* una cubeta de aguas sucias; *C* el tubo de agua fría que alimenta todos los pisos; *D* la derivación con grifo de agua fría para la cocina y para alimentación del depósito *Q*. Cuando éste queda lleno, el agua sobrante sale por un tubo aliviadero y va al fregadero *A*; por este mismo tubo sale el vapor. La llave de paso *I* permite el uso de agua fría en la cocina, mientras se limpia la bañera.

Del depósito *Q* — y a unos 60 cm de altura del fondo — parte un tubo provisto de grifo, para llevar agua caliente al fregadero; esto obliga a llenar el depósito, pues de lo contrario, no iría agua al fregadero, de modo que, en el caso más desfavorable, hay todavía agua suficiente en el depósito para que el calor del hogar no lo deteriore.

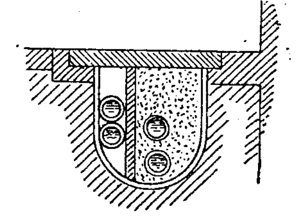


Fig. 1566. — Colocación de las tuberías debajo del pavimento.

En *N* se ven hornillos auxiliares para carbón vegetal, aunque mejor es emplear los de gas; el depósito de agua *Q* tiene aproximadamente: 1,30 m de altura y sección rectangular de 0,65 × 0,25 m, conteniendo, por lo tanto, unos 200 litros. El humo del hogar, que penetra por debajo, se va extendiendo hasta encontrar su salida por la chimenea *R*, que se obtura con un registro cuando el hogar

está apagado; por delante, la placa de fundición *S* cierra el recinto donde se halla el depósito. En *U* se ve un registro de 20 × 40 cm revestido de ladrillo que sirve para la limpieza. Delante hay dos depósitos *X* para el combustible.

En la parte superior de la chimenea *R* se dispondrá una abertura de dimensiones suficientes para que pueda entrar un hombre con objeto de limpiar. El depósito tiene, en el fondo, un grifo de descarga; se puede desmontar fácilmente quitando la placa *S* y destornillando los empalmes de la tubería.

Calefacción por agua a gran presión, sistema Perkins.—Este ingeniero inglés ideó, hacia 1830, un sistema de calefacción fundado en el principio de que si se calienta cierta cantidad de agua en una tubería cerrada, el líquido—hallándose substraído a los efectos de la presión atmosférica y no pudiendo entrar en ebullición—se calienta rápidamente y alcanza una elevada temperatura. Perkins distribuía el calor a las distintas dependencias del edificio, por circulación del agua en un conducto sin fin, formado por tubería de hierro de diámetro muy pequeño, parte de la cual se arrollaba en serpentín dentro del hogar constituyendo la caldera.

Este sistema es algo parecido al de calefacción por agua a baja presión, pero de ejecución mucho más sencilla.

Debemos mencionar el hecho de que, en este sistema, la presión es muy variable y casi imposible de precisar.

El serpertín que forma la caldera está constituído por espiras de forma variable: rectangular, triangular, etc., según el sitio de que se disponga para el hogar. Las espiras están en contacto en una porción de su longitud y en otra están separadas. El hueco formado contiene la parrilla. Las llamas atraviesan los espacios que quedan entre las espiras y queman los gases calientes—dando lugar a una combustión más completa; — después, pasan por los conductos, formados por el intervalo que existe entre las paredes tubulares y la camisa de ladrillo del horno, y escapan por la chimenea.

La carga de combustible se hace por la parte superior del hogar.

Estos hornos son muy pequeños y permiten caldear 600 metros cúbicos de aire, con horno de un metro en todos sentidos; 1000 metros cúbicos de aire, con un horno de 1,20 × 1,10 m en planta y 1,10 de altura; 2000 metros cúbicos de aire, con un horno de 1,50 × 1,10 m en planta y 1,30 m. de altura.

El combustible que ordinariamente se emplea es el cok o la hulla; también se puede disponer la parrilla para quemar madera, turba, etc.

El agua que llena los tubos se calienta en el serpentín en cuanto se enciende el fuego y, al disminuir de densidad, se eleva

forzosamente. La circulación del agua se produce por la diferencia de densidad de la columna ascendente caliente y de la columna descendente más fría.



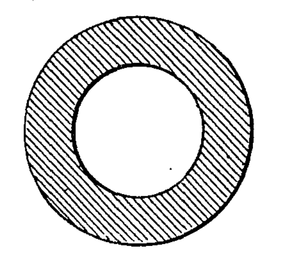
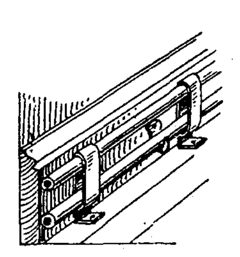


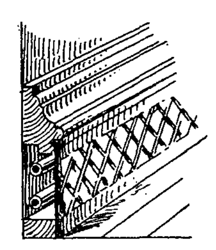
Fig. 1567.
Sección de un tubo *Perkins*.

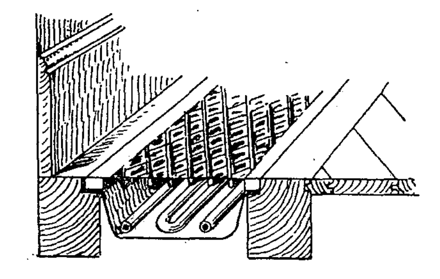
En la parte alta de la tubería se coloca un tubo de diámetro mayor, llamado *tubo de expansión,* que recibe el exceso de volumen debido a la dilatación del agua.

Los tubos son de hierro, estirados y soldados en caliente, de 27 mm de diámetro exterior con paredes de 6 mm (fig. 1567).

Las uniones de los tubos entre sí se hacen por medio de manguitos con rosca de modo que no se producen fugas.







Figs. 1568 a 1570.—Colocación de los tubos en las instalaciones de calefacción *Perkins*.

Los tubos van dispuestos a lo largo de las paredes de la habitación (fig. 1568) adosados al zócalo, lo cual impide la entrada de aire frío por las ventanas. Esta disposición asegura una gran regularidad de temperatura en los locales.

También se pueden ocultar los tubos detrás de un zócalo de palastro perforado (fig. 1569); de este modo, el zócalo tiene poco más o menos el mismo vuelo que un zócalo ordinario.

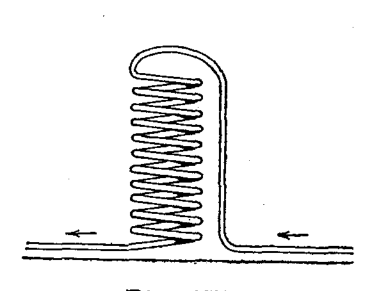


Fig. 1571.
Serpentín de calefacción.

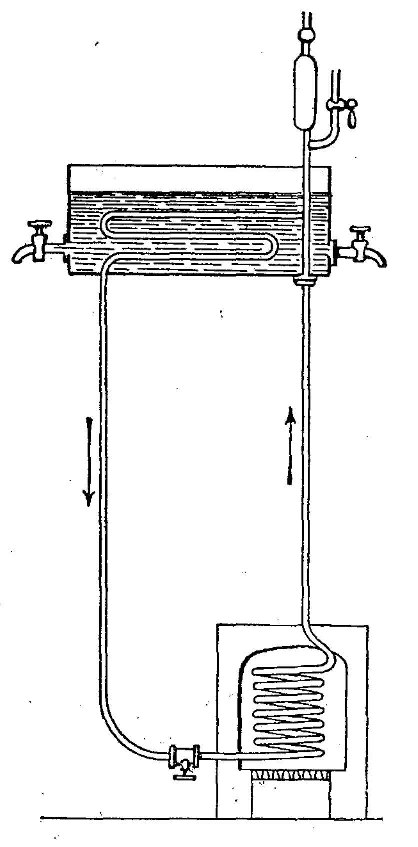


Fig. 1572.
Instalación *Perkins* para caldear un baño líquido cualquiera.

Por último, se pueden hacer pasar por debajo de rejillas, entre dos durmientes o rastreles del entarimado (figura 1570).

Cuando la tubería forma serpentín en la habitación (fig. 1571), puede encerrarse en muebles de hierro o de madera, colocados en los rincones o en los derrames de las ventanas, provistos de bocas que se abren y cierran,

a voluntad, para aumentar o disminuir el calor en el local. Se pueden utilizar estos serpentines para calentar platos en los comedores, la ropa blanca y el agua en los cuartos tocador, etc. (fig. 1572).

CALEFACCIÓN POR VAPOR

Sistemas diversos. — La calefacción por el vapor es recomendable en las habitaciones donde tiene la ventaja, sobre las de agua caliente, de no producir fugas. Está muy indicada dondequiera que haya una máquina de vapor cuyo escape pueda utilizarse.

Se ha empleado la calefacción por vapor a gran presión, pero se ha renunciado bien pronto a ella (salvo para caldear locales muy distantes de la caldera) en virtud de los accidentes producidos por la explosión de los generadores, tubos y aparatos en los que un descuido puede acarrear fatales resultados.

El sistema que generalmente se emplea hoy, para la calefacción ordinaria, es el de baja presión, que no tiene dichos peligros, y de él nos ocuparemos especialmente.

En general, se emplea vapor cuya presión varía entre 1,0 y 1,3 Kg/cm^2. El vapor se produce en un generador colocado a un nivel inferior al de los pisos que han de caldearse, para que el agua de condensación, producida por el enfriamiento del vapor, vuelva a la caldera por un tubo de retorno. El vapor, en este sistema de calefacción, no pasa de una temperatura de 106° centígrados.

La caldera puede ser atendida por cualquier persona y colocarse en cualquier sitio de los locales habitados, con la única condición de que el hogar esté separado de los muros 50 cm.

En general, todos los sistemas de calefacción a baja presión tienen una tubería de ida y otra de retorno.

El sistema de calefacción Hamelle, que vamos a examinar, se distingue de los demás por carecer del tubo descendente. La ida y el retorno tienen lugar por un mismo tubo. En realidad, no hay circulación propiamente dicha, sino inyección continua de vapor en todos los tubos y aparatos. El vapor introducido transmite a los radiadores la mayor parte del calor que lleva, se condensa e inmediatamente es reemplazado por vapor nuevo.

Empleando un solo tubo hay necesidad de desembarazarlo inmediatamente del agua condensada, pues si ésta permaneciera en él, perjudicaría el paso del vapor y se disminuiría la superficie de calefacción en toda la extensión que dicha agua ocupara. Para asegurar esta evacuación inmediata, Hamelle sólo emplea tubos verticales y únicamente, por excepción, derivaciones con una pendiente mínima de un centímetro por metro para dar salida al agua de condensación.

Una breve descripción del conjunto hará comprender el sistema. Del generador, colocado en cualquier punto del sótano (fig. 1573) pero lo más cerca posible de los muros de fachada, parte un tubo de hierro de diámetro variable entre 26 y 40 mm, según la importancia de la instalación. Este tubo asciende verticalmente hasta el techo, des-

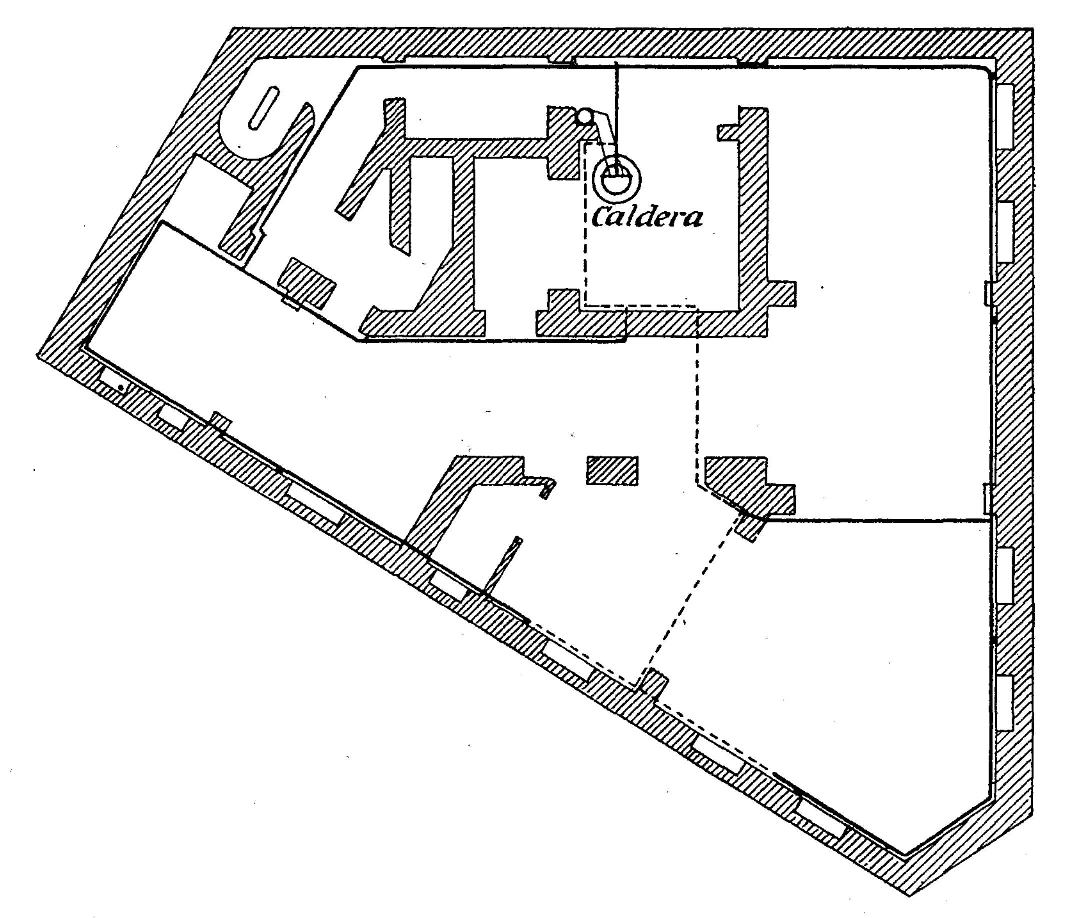


Fig. 1573. — Planta de un edificio, con calefacción por vapor a baja presión.

pués se acodilla y, con pendiente de un centímetro por metro, contornea el sótano y va a parar a la base de la caldera, a la que inyecta el agua procedente de la condensación del vapor.

De este cinturón tubular de distribución arrancan verticalmente las columnas ascendentes, de cada una de las cuales se puede derivar en cada piso un radiador, batería, etc.

Caldera.—La caldera se compone de anillos de fundición (fig. 1574) superpuestos. En el interior de estos anillos, que son ondulados para aumentar la superficie de calefacción, está colocado el depósito de combustible. Exteriormente, una envolvente de palastro revestida por dentro con amianto impide las pérdidas de calor de la caldera. El funcionamiento se gradúa por un regulador que activa o modera la combustión, según el número de radiadores que funcionen.

La caldera está provista, en su parte superior, de dos válvulas de seguridad que funcionan con medio kilogramo de presión; por tanto, no puede haber en la caldera presión absoluta superior a 1,5 Kg/cm^2.

El aprovechamiento del combustible para la producción del vapor es lo más completo posible. El agua queda dividida en láminas muy delgadas, completamente rodeadas por los gases que describen un trayecto en ∽. La pérdida de agua, en esta caldera y canalización cerrada, es extremadamente pequeña y casi no puede producirse sino existiendo fugas en la tubería.

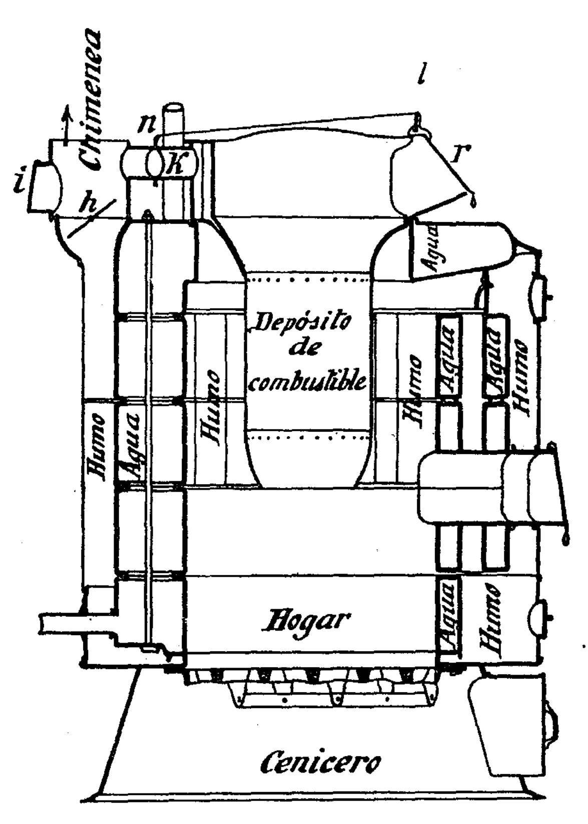


Fig. 1574.—Caldera *Hamelle* de elementos de hierro colado, para la calefacción por vapor a baja presión.

La caldera tiene un tubo de nivel. Debajo del hogar está el cenicero, que tiene alimentación automática de agua por una válvula de flotador. Los carboncillos se apagan al caer sobre la capa de agua, la cual, al vaporizarse, favorece la conservación del emparrillado.

La parrilla es articulada y su limpieza se efectúa haciendo oscilar, ligeramente, una palanca que desembaraza la parrilla de cenizas y escorias que obstruirían el tiro; para apagar el fuego se baja la palanca por completo, las endentaduras de las barras toman la posición vertical y dejan grandes espacios libres, de modo que el combustible cae en el cenicero, donde se apaga.

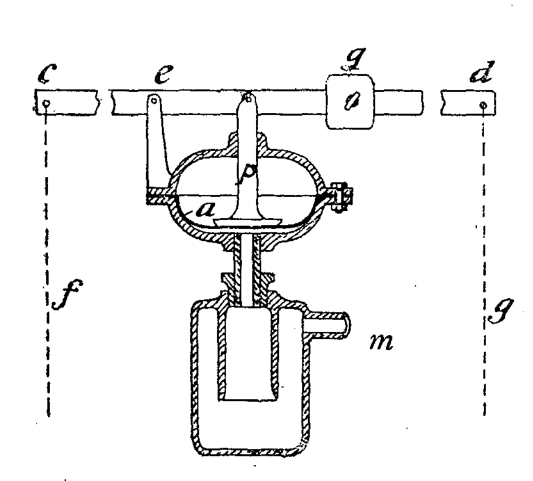


Fig. 1575.—Regulador de combustión, para calderas destinadas a la calefacción por vapor a baja presión.

Regulador. — El regulador (figura 1575) se coloca en la parte alta de la caldera y comunica con ella por *m*. El vapor, al penetrar en el regulador, se condensa, y el agua rellena el cilindro interior, alcanzando cierta altura en él por la presión que el vapor de la caldera ejerce sobre el líquido que se halla en el espacio anular del regulador. En la parte superior de éste hay un diafragma *a* de caucho, sobre el cual descansa el émbolo *p*. La varilla del émbolo acciona una palanca, cuyo punto fijo está articulado en *e*.

Una cadena *cf* acciona la puerta del cenicero (introducción del

aire debajo del hogar); la otra cadena *dg* se divide en dos ramales: uno acciona el registro *h* colocado en el conducto de humos (figura 1574) y el otro la compuerta *i* que gradúa el tiro detrás de la caldera.

Supongamos que la caldera produce, normalmente, la cantidad de vapor suficiente para la alimentación de veinte radiadores. Si se cierran diez de ellos, por ejemplo, la cantidad de vapor que continúa suministrando la caldera es excesiva y la presión en ella tiende a elevarse; en su virtud, aumenta la presión debajo del diafragma *a*, sube la palanca *cd*, se afloja la cadena *cf* y se cierra algo la compuerta del cenicero.

Si no basta el cierre de esta compuerta para hacer bajar la presión hasta la de régimen, la palanca continúa su movimiento y cierra el registro *h*. Si todavía ello es insuficiente, la palanca continúa su movimiento, la cadena *dg* abre la compuerta *i* (fig. 1574), lo que produce una entrada de aire frío en el conducto de humos, y cae la presión inmediatamente.

Si suponemos el caso inverso, es decir, que diez de los radiadores están trabajando y que se abren los otros, la cantidad de vapor resulta insuficiente y hay tendencia a una disminución de la presión, lo cual produce una acción inversa del regulador.

Una disposición ingeniosa evita el retroceso de la llama en el instante de cargar el combustible. Al abrir la puerta de carga *r*—situada en la parte superior de la caldera—una biela *ln* (fig. 1574) abre también un registro *k* colocado en el tubo que une directamente la primera circulación de las llamas con el conducto de humos. El tiro actúa entonces directamente sobre la llama, impidiendo su retroceso.

Tuberías.—La tubería que contornea el sótano constituye un alimentador del cual arrancan las tuberías ascendentes que distribuyen el vapor; la misma tubería recibe el agua de condensación procedente de las columnas ascendentes.

Como ya hemos dicho, la tubería de alimentación debe tener una pendiente de un centímetro por metro, para que el agua de condensación vuelva rápidamente a la caldera. De ahí resulta, algunas veces, que la tubería cruza un vano. Para obviar este inconveniente, hay que acodar el tubo para pasar sobre el vano, disponiendo una purga en el acodamiento (fig. 1576) que lleva el agua a una canalización de retorno de agua, colocada en el suelo o debajo del mismo. Esta canalización se va llenando de agua, y cuando el nivel alcanza una altura suficiente—por encima del nivel del agua en la caldera—para vencer la pérdida de carga, penetra el agua en aquélla.

La tubería principal, para evitar las pérdidas de calor, se aísla con una envolvente de materias malas conductoras.

Las tuberías ascendentes arrancan de la de alimentación: una por cada radiador o serie de radiadores superpuestos en diferentes pisos.

Para facilitar las reparaciones, cada columna ascendente está provista en su arranque, es decir, inmediatamente encima de la tubería alimentadora, de una llave de paso que, una vez cerrada, incomunica todos los aparatos empalmados al ramal en cuestión. Para poder cortar la calefacción en un solo piso en caso de reparación, harían falta tantos tubos verticales como pisos y aparatos superpuestos haya; también podría modificarse la distribución reemplazándola por una tubería ascendente general que partiese de la caldera y de la cual arrancaría, en cada piso, un ramal con pendiente de un centímetro por metro, para distribuir el vapor en cada cuarto. Colocando una llave en el arranque de cada una de estas derivaciones, se regularía a voluntad la calefacción en cada piso.

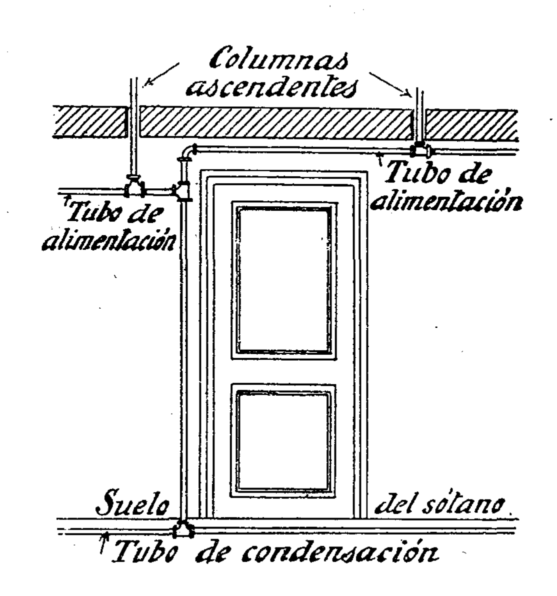


Fig. 1576.—Purga del alimentador, cuando éste tiene porciones horizontales que cruzan un vano.

Claro es que la interrupción del servicio en todos los pisos (que se trata de evitar con este último sistema) no existe más que en caso de reparaciones; pero como éstas no son frecuentes, puede conservarse el sistema ordinario de distribución y suprimir la calefacción de uno o de todos los aparatos de un piso (en el caso de estar desalquilado, por ejemplo) sin perjudicar el funcionamiento de los restantes pisos.

Los conductos verticales tienen diámetro de 32 mm interiormente y 40 mm por fuera, como máximo, y pueden disimularse fácilmente en cajas que se abren en los muros.

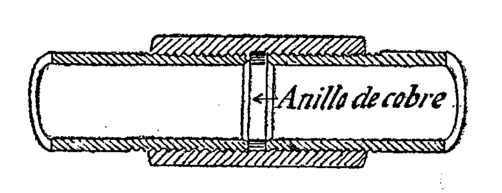


Fig. 1577. Empalme de dos tubos por manguito.

Las juntas o uniones de los tubos se hacen de la manera siguiente (figura 1577): los extremos de los tubos que se van a unir están roscados en sentido inverso y fresados interior y exteriormente formando bisel. Se coloca dentro del manguito un anillo de cobre y se rosca a los dos tubos que, de este modo, se aproximan hasta que los bordes biselados se clavan en la arandela, lo cual produce una junta perfecta.

Las columnas ascendentes pueden llegar a tener longitudes muy grandes, por lo cual debe tenerse en cuenta la dilatación. El coefi-

ciente de dilatación lineal del hierro, para una diferencia de temperatura de 0 a 100°, es de 1,235 mm por metro. Si suponemos una tubería de 15 m de longitud, tendremos un alargamiento de 18,5 mm.

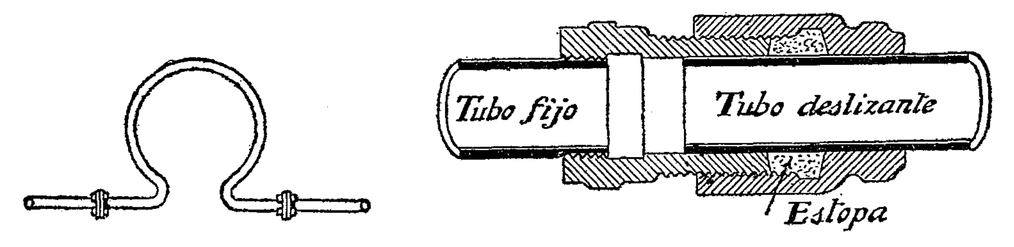


Fig. 1578. — Compensador de dilatación para tuberías.

Fig. 1579. — Prensaestopas para compensar la dilatación de los tubos.

Es preciso, pues, dejar al tubo libertad de dilatación y contracción. Para esto se emplean diferentes procedimientos: tubos de compensación (fig. 1578), prensaestopas (fig. 1579), etc.

Radiadores.—La calefacción de los locales por el vapor se puede hacer de dos maneras distintas: *por radiación directa,* es decir, con superficies aparentes que caldeen el aire de la habitación, o *por radiación indirecta,* disposición en la que las superficies de calefacción, invisibles, calientan en una cámara de calor el aire tomado del exterior y lo introducen en la habitación por las bocas de calor.

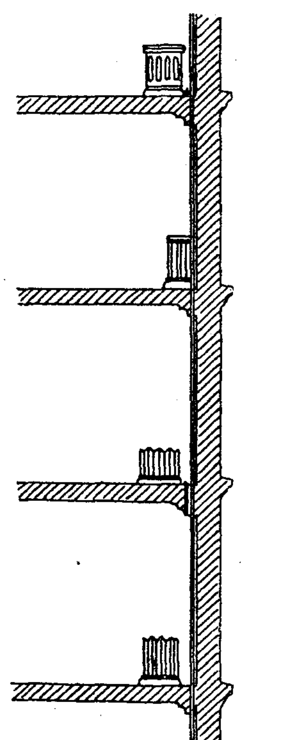


Fig. 1580. — Calefacción por radiación directa.

La calefacción por radiación directa es la más sencilla y la más económica, tanto desde el punto de vista de instalación como desde el de conservación. La utilización del calor es, en este caso, lo más completa posible. La condensación tiene lugar enteramente en el aparato, el cual transmite por contacto todo el calor al aire de la habitación o por radiación a las personas y a los objetos (figura 1580).

Un inconveniente — común a todos los sistemas de calefacción que emplean aparatos de radiación directa — es que se caldea el aire confinado en la habitación donde se instala el radiador, aire que puede estar viciado con anterioridad. Por el contrario, la regulación es de una sencillez extremada, puesto que el radiador puede dar una temperatura cualquiera entre 0° y la máxima. Para ello, basta introducir en el aparato la cantidad de vapor necesaria para producir la temperatura que se desea y rellenar el resto con aire, para limitar la introducción del vapor. Supongamos (fig. 1581) que se haya cerrado la llave *a* de entrada del radiador. El vapor contenido en el aparato se con-

densará produciendo un vacío; si entonces se abre la llave b se llenará de aire el radiador. Abriendo en este momento la llave a, entrará vapor e irá expulsando al aire hasta que se vuelva a cerrar; según la cantidad de vapor que haya entrado, se obtendrá una u otra temperatura.

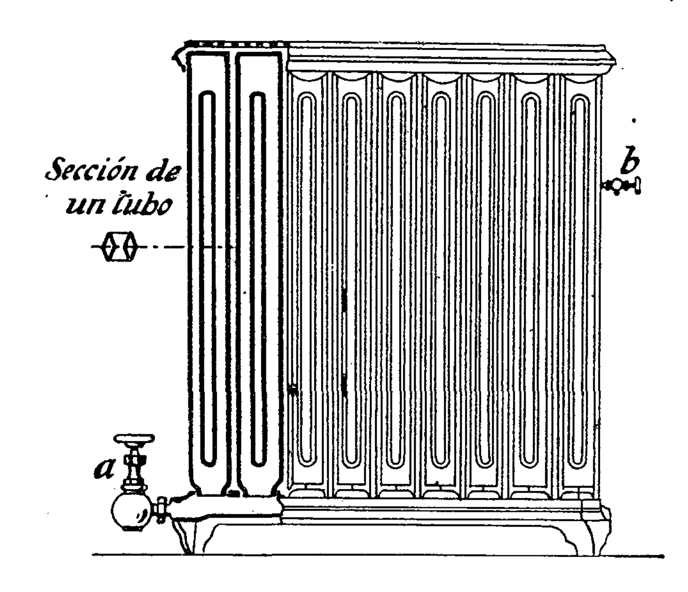


Fig. 1581. — Radiador para calefacción por vapor a baja presión.

La calefacción por radiación indirecta puede disponerse de dos modos. En el primer caso (fig. 1582) una batería de tubos de aletas, colocada en una cámara de calor, caldea el aire tomado del exterior. De esta cámara de calor parten conductos de aire caliente, practicados en el espesor de los muros, que lo conducen a los diversos pisos, donde penetran por bocas de calor como en la calefacción por aire caliente (véase pág. 558). Conviene esmerarse en la construcción de la cámara, para evitar pérdidas de calor, es decir, que deben emplearse materiales poco conductores y dar espesor suficiente a las paredes.

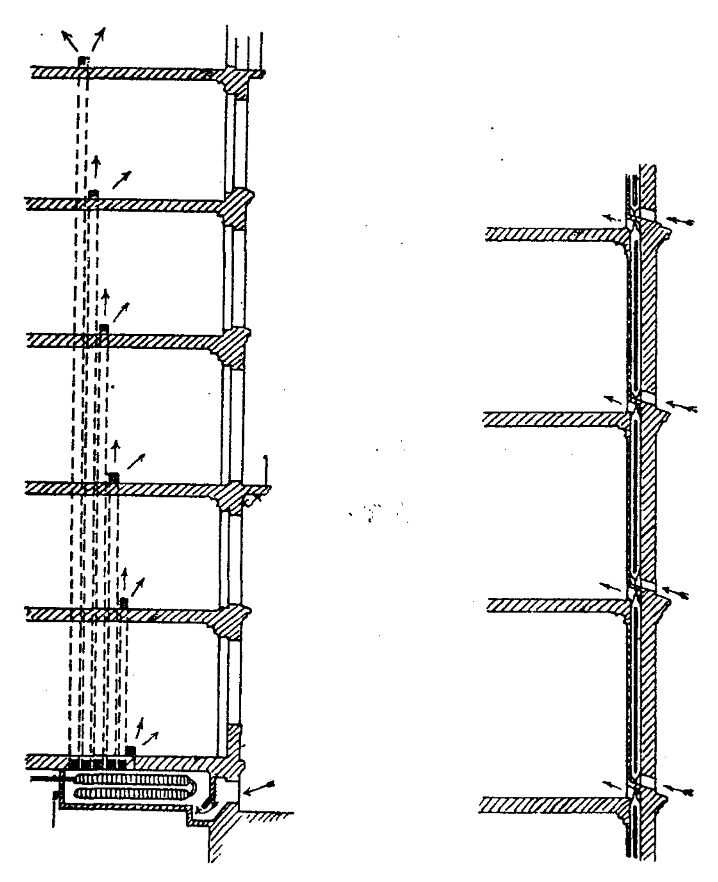


Fig. 1582.—Calefacción por radiación indirecta, mediante tubos con aletas.

Fig. 1583.—Calefacción por radiación indirecta.

En el segundo caso (figura 1583), una serie de tubos — dispuestos verticalmente en una o varias filas, provistos de nervios longitudinales y colocados en cajas que se dejan en las paredes al construir el edificio — calientan el aire. Estas cajas ocupan toda la altura del edificio y están separadas, las de cada piso, por un tabique horizontal de ladrillo. Entre dos tabiques sucesivos, se forma, de esta

manera, una cámara de calor que comunica por su parte inferior con el aire externo y por la superior con el local que se quiere caldear (fig. 1583). El aire frío entra, pues, por la toma de aire de la cámara de calor, se calienta en contacto con los tubos y sale por la boca de calor.

La calefacción por radiación indirecta parece mejor, a primera vista, porque el aire caliente que suministra es aire puro, tomado del exterior. Pero—si se tiene en cuenta que el aire caliente que se introduce está a una temperatura más alta que la conveniente a los órganos respiratorios, que puede transportar impurezas depositadas en las cajas de la pared y, finalmente, que el grado higrométrico del aire puede pasar del límite debido por haberse recalentado—se llega a la conclusión de que debe preferirse la calefacción por radiación directa, completada con una ventilación independiente.

Las instalaciones de radiación indirecta son, también, más caras y tienen el inconveniente de que para suprimir la calefacción, o hay que cerrar la llave colocada a la entrada de la cámara de calor, con lo que se suprime por completo, o hay que cerrar las bocas de calor.

Consumo de combustible. — En las casas ordinarias de alquiler se requiere una superficie de radiadores (empleando vapor a baja presión) de 1,0 m^2 por cada 50 metros cúbicos. Suponiendo una habitación de 5000 m^3, los radiadores que se coloquen en ella deberán tener 100 m^2 de superficie.

Ahora bien, cada metro cuadrado de superficie de calefacción condensa unos 2,0 Kg de vapor por hora, o sea, para la habitación que hemos tomado como ejemplo, una condensación total de 200 Kg de vapor. Las calderas Hamelle tienen un rendimiento de unos 10 kilogramos de vapor, por cada kilogramo de combustible quemado; según ello, se necesitaría un consumo de 20 Kg de carbón por hora.

Se supone, en general, que el consumo medio durante el invierno, es del tercio a la mitad del consumo calculado.

Tomando el consumo horario máximo y aplicándolo a todo el período de la calefación, se puede admitir que el consumo medio es de 7 a 10 Kg por hora, lo que da 34 a 48 gramos por día y por metro cúbico de aire calentado.

Cuando se emplea la caldera descrita (fig. 1574) es necesario usar carbones magros antracitosos o, mejor todavía, antracitas puras. Es preciso, efectivamente, que el descenso del combustible ocurra de un modo regular, para lo cual se requiere que no sea graso, es decir, que no se aglutine. También es necesario que no forme escorias, pues éstas obstruirían la parrilla, apagando el fuego.

En el caso de las calderas de carga discontinua, se puede quemar cualquier combustible: leña, carbones grasos, etc.

CALEFACCIÓN POR GAS

Ventajas.—El empleo del gas, para la calefacción de los pisos y de los invernaderos, puede prestar grandes servicios, cuando se hace uso de buenos aparatos.

En general, es preciso que los aparatos estén provistos de un tubo de desprendimiento, sin lo cual viciarían el aire, dando lugar a precipitaciones de vapor acuoso que alterarían los papeles pintados, las pinturas, los dorados, etc.

Los aparatos de calefacción por gas suprimen el almacenamiento del combustible, el transporte a los pisos superiores, los inconvenientes del hollín, cenizas, virutas, el humo, en una palabra, las molestias y suciedad de la calefacción con leña o con carbón.

Un kilogramo de gas produce al quemarse 10000 calorías, forma un kilogramo de ácido carbónico (2 m^3 aproximadamente) y 2 Kg de vapor de agua (unos 3,200 m^3). De esto se deduce que 1 m^3, que pesa 0,680 Kg por término medio, puede elevar 20° la temperatura de 1000 m^3 de aire, si su calor se aprovecha por completo. Para encontrarse en buenas condiciones, es decir, para que la proporción de ácido carbónico en el aire no pase de una centésima, es necesario disponer, por cada metro cúbico de gas quemado, de 120 m^3 de aire aproximadamente.

Chimeneas de gas.—Como en las chimeneas ordinarias, se aprovecha solamente el calor radiante de la llama; el de los productos de la combustión escapa, casi completamente, por los conductos de humo.

En muchos aparatos, se hace llegar el gas a una pieza de fundición imitando un leño con agujeros y colocada sobre morillos como los leños propiamente dichos; esta pieza está guarnecida de fibras de amianto que se ponen al rojo y simulan el fuego de la leña. Se tiene cuidado de quemar el gas con llama blanca, pues es más clara y da más calor.

En estas chimeneas, conviene completar el conjunto con una concha que refleja el calor recibido, y aun se puede hacer más eficaz el aparato disponiéndolo en la forma que hemos estudiado al describir el sistema Joly (pág. 552).

Un aparato muy empleado es el de hogar de cobre con facetas pulimentadas. La forma del reflector hace que la radiación se dirija hacia abajo, el gas se quema en una rampa, situada en la parte superior, oculta por el manto. Estos hogares pueden tener

una circulación de aire con bocas de calor laterales, como en el caso precedente.

En un local de 45 metros cúbicos, con dos ventanas y 3,50 m de altura, es preciso quemar, para llevar la temperatura de 0 a 15°, primeramente 720 litros de gas y luego, para conservar esta temperatura, 381 litros por hora.

Estufas de gas.—Las estufas más sencillas se componen de un cilindro de palastro o de fundición, provisto sencillamente de un tubo de llegada del gas y de cierto número de mecheros. En ellas no hay pérdida de calor, pero los productos de la combustión se mezclan con el aire, de modo que al paso que lo calientan lo vician.

Las estufas de gas, como todos los aparatos, deben estar provistas de un tubo de evacuación; sin embargo, debemos citar el modelo que construye Delafollie, que no tiene tubo y no da apenas olor. El gas se quema en esta estufa sin adición de aire, en un mechero como los del alumbrado, por lo cual no se producen más gases deletéreos que en estos últimos, no siendo necesario emplear tubo de evacuación. Está construída como una estufa de cok con doble pared; la envolvente interior cilíndrica va revestida con tres tabiques perforados de tierra refractaria; el tabique inferior está colocado lo suficientemente alto para que la llama de los mecheros no pueda alcanzarlo y producir negro de humo; los otros dos, espaciados en la altura disponible, forman pantalla y sirven para retener el calor producido por los mecheros. Esto produce un calentamiento muy grande de la envolvente interior, la que, a su vez, eleva la temperatura de la capa de aire exterior—comprendida entre las dos envolventes—y, por lo tanto, de la segunda envolvente. Según los experimentos, el conjunto de estas superficies de calefacción permite un buen aprovechamiento del gas y su influencia se traduce en un aumento de temperatura de 8°, dos horas después del encendido, en un local que cubique 40 metros.

El consumo de gas por hora es de 330 litros, a una presión de 25 mm; por lo demás, se puede limitar por medio de una llave o de un regulador.

CALENTAMIENTO DE LOS INVERNADEROS

Condiciones que debe cumplir.—Todos los sistemas de calefacción que acabamos de exponer se han aplicado al calentamiento de los invernaderos, pero hay algunos de ellos que deben proscribirse en absoluto, como ocurre con la calefacción por aire caliente. Efec-

tivamente, como que el aire llega por bocas de calor forzosamente localizadas, difícilmente se obtendrá homogeneidad de temperatura; además, debiendo el aire circular por los conductos a una temperatura de 60 ó 70° cuando menos, resulta muy seco, ejerciendo una acción irritante sobre las plantas.

Ciertos constructores, por economía, preconizan aparatos compuestos sencillamente de una campana de fundición, donde se quema el combustible, y de una serie de tubos de palastro, por donde circulan los productos de la combustión. Este sistema, menos deficiente que el anterior, es también defectuoso, pues su intensidad es proporcional al volumen de gases que circulan por los tubos, el cual depende de la cantidad de carbón que haya sobre la parrilla que, como se sabe, es sumamente variable.

La eliminación de ambos sistemas establece, indirectamente, las condiciones que se requieren para el calentamiento de invernaderos.

a) La superficie de calefacción deberá estar lo más diseminada posible, para que en todos los puntos del invernadero haya una misma temperatura. Como que el aire al calentarse tiende a subir, las superficies de calefacción estarán, siempre, debajo de las plantas o de los depósitos de agua.

b) La temperatura de las superficies de calefacción no deberá ser excesiva, para que el aire en contacto con ellas no se recaliente y perjudique a las plantas.

c) Deberán combinarse las cosas de manera que, en el caso de apagarse el hogar durante la noche, no desaparezca el calor con demasiada rapidez.

La primera condición conduce a emplear tubos de diámetro pequeño, alrededor de 10 cm, para que la superficie de calefacción se reparta en la mayor longitud posible.

La segunda impone la circulación, por los tubos, de agua caliente a la presión atmosférica o de vapor a baja presión. Ambos dan temperaturas cercanas a 100°, el agua un poco menos, el vapor algo más. Sin embargo, no se emplearán indiferentemente agua o vapor. Éste convendrá para grandes instalaciones: es de explotación económica, pero necesita el aditamento de aparatos accesorios, como son los purgadores, reductores de presión, llaves de paso, etc., en una palabra, de elementos de conservación y funcionamiento delicados, que exigen un mecánico competente al frente de una instalación. Además, en caso de extinción del hogar, el enfriamiento es mucho más rápido. Por el contrario, en la calefacción por agua caliente, la tubería e instalación son más sencillas, como hemos visto al tratar de ella (pág. 563).

La tercera condición queda satisfecha empleando calefacción por agua o por vapor, puesto que el flúido almacena cierta canti-

dad de calor que restituirá, lentamente, después de la extinción del hogar.

Pérdida de calor por las superficies envidrieradas.—El vidrio permite el paso de la luz y del calor que le acompaña, pero, por el contrario, no deja pasar en sentido inverso sino una cantidad pequeña del calor obscuro producido por la calefacción del aire y de los objetos que se encuentran en el interior del invernadero. El vidrio, que es diatermano para el calor radiante luminoso y atermano para el calor radiante obscuro, es, pues, el elemento más apropiado y más conveniente en el caso que nos ocupa.

Si no existiera más que este fenómeno, podría creerse que no había necesidad de calefacción artificial, pero es preciso tener en cuenta que para obtener una diatermanidad máxima—es decir, para aprovechar todo lo posible el calor y la luz solares — es preciso emplear vidrios de espesor muy pequeño, de 3 a 4 mm. Ahora bien, estos vidrios tan delgados son lo bastante buenos conductores del calor para que la pérdida por conductibilidad ocasione un enfriamiento importante.

Hay, también, pérdida de calor por la conductibilidad de las paredes de fábrica, pero se desprecia en la mayor parte de los casos.

Péclet demostró la exactitud de la siguiente fórmula, relativa al enfriamiento por conductibilidad:

$$Q = \frac{K(t - t')}{e};$$

el significado de las cantidades que intervienen en dicha fórmula se ha indicado en la página 546.

El cociente $\frac{K}{e}$ vale 2,5 para el vidrio (es decir, que un metro cuadrado de vidrio transmite 2,5 calorías por hora y por grado de diferencia entre las temperaturas interior y exterior) y 1,00 para muros de ladrillo de 22 cm de espesor. Como se ve, Q es proporcional a la diferencia de temperatura de los medios interior y exterior e inversamente proporcional al espesor de pared. El examen de esta fórmula conduce a las conclusiones siguientes:

1.º En un invernadero, la pérdida de calor por las superficies de las vidrieras es muy grande y, en comparación con ella, pueden despreciarse las pérdidas por transmisión de las paredes, cuyo espesor nunca es inferior a 22 cm;

2.º Que la calefacción debe calcularse especialmente en cada caso particular, con arreglo al clima de la región, puesto que t', temperatura mínima de la noche, es uno de los datos más variables;

3.° Que la calefacción debe calcularse también teniendo en cuenta la naturaleza de las plantas que se encuentran en el invernadero, es decir, según que se trate de un invernáculo propiamente dicho o de una estufa, es decir, según que esté destinado a la conservación de plantas o a su reproducción.

Conociendo pues: t, temperatura interior del invernadero, que depende de su destino; t', temperatura exterior mínima, que depende del clima, y $\frac{K}{e} = 2{,}5$, se puede determinar Q, número de calorías que hay que suministrar por metro cuadrado de superficie envidrierada, para compensar la pérdida al través de ésta. Multiplicando el número obtenido por S, superficie total de la vidriera, se deduce la cantidad total de calor que hay que suministrar por hora.

Pérdida de calor por la renovación del aire.—En el invierno, es decir, durante el período de la calefacción, la renovación del aire es muy pequeña; no se abren los bastidores de ventilación, siendo suficiente la renovación que tiene lugar por infiltración del aire a través de las juntas de los vidrios y de las diferentes armaduras metálicas. Si se supone que el aire se renueva dos veces cada 24 horas, será fácil—conociendo el calor específico de un metro cúbico de aire, que vale 0,3—deducir que esta cantidad de calor es muy pequeña comparada con la que se pierde por la transmisión de las vidrieras. Efectivamente, en un invernadero con 100 m² de vidrieras, 60 m³ de volumen y 20 m² de paredes—por ejemplo—la pérdida por los diversos conceptos valdrá:

pérdida por las vidrieras: $100 \times 2{,}5 \times (t - t') = 250 \quad (t - t')$ cal/h
pérdida por los muros: $20 \times 1{,}0 \times (t - t') = 20 \quad (t - t')$ »
pérdida por renovación del aire: $\frac{60}{12} \times 0{,}3 \times (t - t') = 1{,}5 \ (t - t')$ »

Como se ve, en la práctica se podrán despreciar, sin gran error, los dos últimos sumandos y tomar para el vidrio un coeficiente algo mayor—verbigracia 3—y entonces habrá que suministrar al inverna dero 300 $(t—t')$ calorías por hora.

Consideraciones acerca de las temperaturas.—La temperatura t' depende únicamente del clima de la región. Bastará, pues, consultar la medida de las temperaturas mínimas nocturnas, observadas en un período de diez años.

En cuanto a la temperatura t, depende del destino del invernadero y de la naturaleza de las plantas que en él se tengan. Como hemos dicho, los invernaderos se dividen en *invernáculos propiamente dichos* y *estufas*. En los invernáculos es preciso que, durante los días más fríos, reine una temperatura mínima de + 10°; en las

estufas ordinarias se requieren + 18°; en las estufas para orquídeas y para piñas + 20° y, finalmente, en las estufas para la multiplicación + 25°.

En estas últimas, las superficies de calefacción deberán estar dispuestas de tal modo que el calor se encuentre concentrado únicamente debajo de los depósitos de multiplicación y que irradie, todo lo posible, hacia la parte inferior de dichos depósitos; en ocasiones, para obtener buen resultado, convendrá incluso cerrar completa-

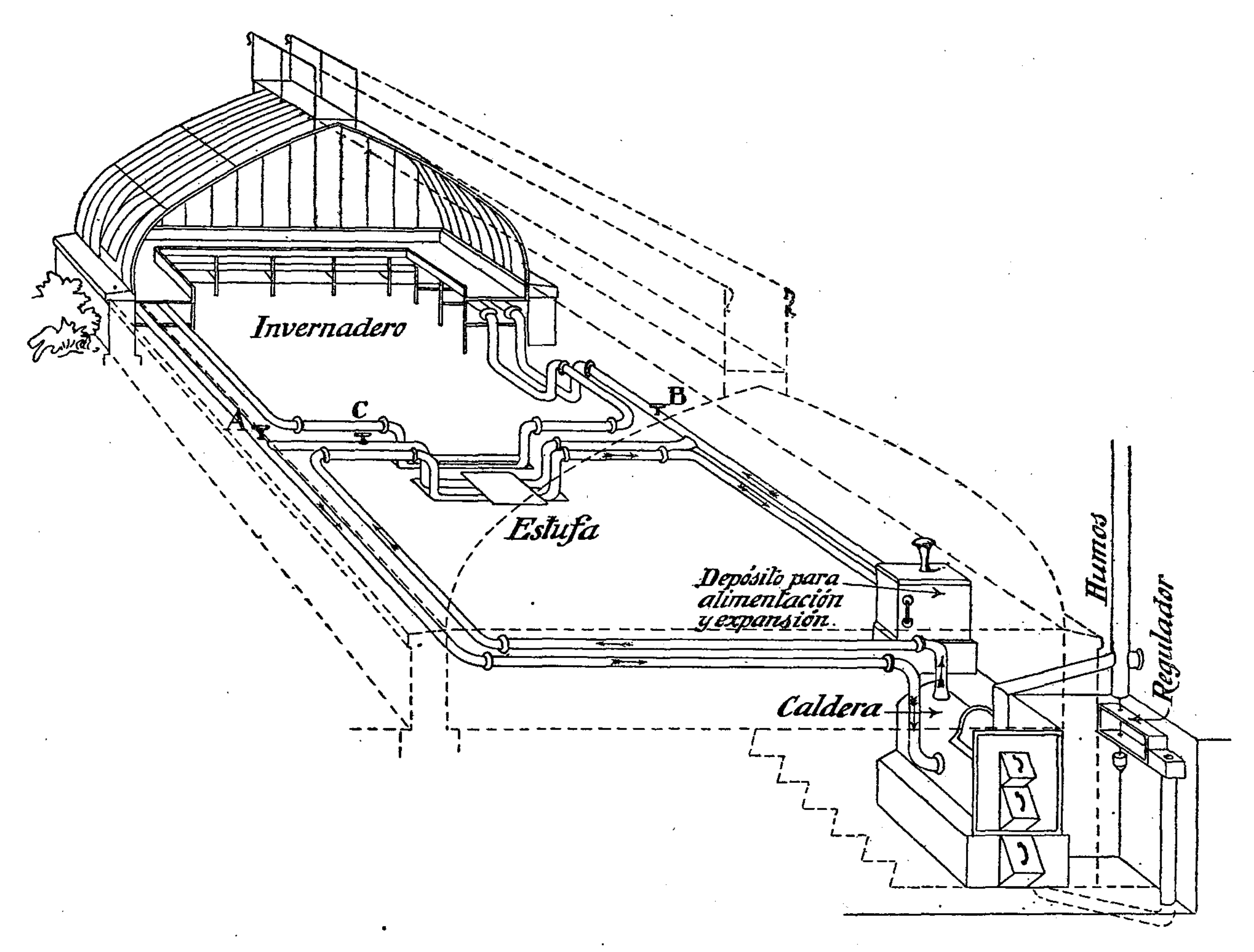


Fig. 1584.—Esquema de la calefacción de una estufa e invernadero.

mente la parte inferior de los depósitos en los sitios donde la multiplicación exija más calor.

La calefacción por agua caliente (pues la de vapor rara vez se emplea) se llama a baja presión, porque si se produce vapor—por un exceso de potencia del hogar—puede escapar inmediatamente por el depósito de expansión o por los orificios, llamados tubos de aire, dispuestos con este objeto. La temperatura al principio de la tubería no podrá, pues, pasar de los 100°; el agua que circula por los tubos se enfría gradualmente y, después de una circulación más o menos larga, vuelve a entrar en la caldera a una temperatura de 40 ó 50°. Esta diferencia de temperaturas—entre la salida y el retorno—produce una diferencia de peso entre la columna ascendente y la des-

cendente, determinando el movimiento continuo del agua en la tubería.

La cantidad de calor transmitido por los tubos es evidentemente proporcional a la temperatura del agua que circula por ellos; ahora bien, esta temperatura acabamos de ver que varía entre 40 y 100°. Si la circulación tuviese gran longitud sin formar retroceso alguno, esta variación de temperatura tendría una influencia muy grande, pues es evidente que los diez primeros metros darían mucho más calor que los diez últimos, pero—dada la disposición habitual de los invernaderos—el tubo de ida y el de retorno van pareados, lo cual produce cierta compensación, pudiéndose admitir que la temperatura será el promedio entre las extremas, es decir, de 70°.

Casi siempre se toman 60° y, a esta temperatura, un metro cuadrado de tubos de fundición o de cobre da aproximadamente 400 calorías por hora.

Conociendo Q, número de calorías que ya hemos calculado, y dividiéndolo por 400 se deducirá la superficie necesaria de tubería; fijando el diámetro de los tubos, 10 cm por ejemplo, se deducirá fácilmente la longitud total de la tubería.

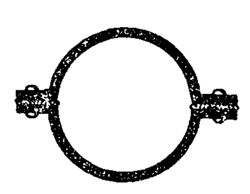
Hemos hablado ya del depósito de expansión, al que, equivocadamente, suele darse poca importancia; su finalidad es doble: permitir la dilatación del agua caliente y, además, acumular un suplemento de agua caliente que, en un momento dado, impedirá el enfriamiento, desempeñando el mismo papel que el volante de una máquina. En la figura 1584 se ve que si se cierran las llaves A y B y se abre la C, no se calienta más que la estufa, y que cerrando la llave C y abriendo A y B se caldean la estufa y el invernadero.

Tubería.—Hemos dicho que los tubos eran de fundición, de cobre o de hierro dulce. Los de fundición tienen generalmente 6 ó 7 mm de espesor y son de color negro, o por lo menos gris. Los de cobre tienen 1,0 ó 1,5 mm de espesor y son brillantes. Es sabido que el color influye en la radiación del calor y que un metal pulimentado irradia mejor que un metal mate. Por otra parte, el aire que circula alrededor de un cuerpo caliente deslizará mejor si éste es pulimentado que si es rugoso; en este último caso se adherirá mejor y le robará más calor a igualdad de tiempo.

No obstante, la suma del calor transmitido por radiación y por contacto es, sensiblemente, la misma en ambos casos. Tratándose de un invernadero ordinario, lo que se busca principalmente es la igualdad de temperatura en todos los puntos del recinto; esta igualdad no se obtendrá sino procurando que la mayor cantidad posible de aire se caliente en contacto con los tubos, para repartir en seguida su calor,

mezclándose con el aire más frío. En este caso, está indicado el empleo de tubos de fundición y, como éstos son más baratos que los de cobre, deben preferirse.

Consideremos, ahora, el caso de una estufa de multiplicación. Ya hemos visto que, para la multiplicación, es preciso concentrar debajo de los grupos de plantas la mayor cantidad posible de calor para que las raíces estén a una temperatura suficiente; ello requiere que el tubo irradie calor. El cobre pulimentado está muy indicado para este caso con preferencia a la fundición. El coeficiente de conductibilidad es sensiblemente el mismo para ambos metales; la diferencia de calor transmitido se debe sólo al modo de transmisión: radiación en un caso y convección en el otro.


Fig. 1585. Tubo compuesto.

Los tubos de hierro dulce se fabrican estirados, con o sin soldadura, y de distintos diámetros. También se han empleado tubos, compuestos de dos hierros Zorés roblonados, que tienen la sección indicada en la figura 1585.

Calderas.—Las calderas se construyen de cobre, de palastro o de fundición. Una caldera puede inutilizarse: primeramente por la acción del fuego, es decir, cuando—por falta de agua en la caldera o por una acumulación de vapor—quedan las paredes expuestas al fuego directo, terminando por quemarse.

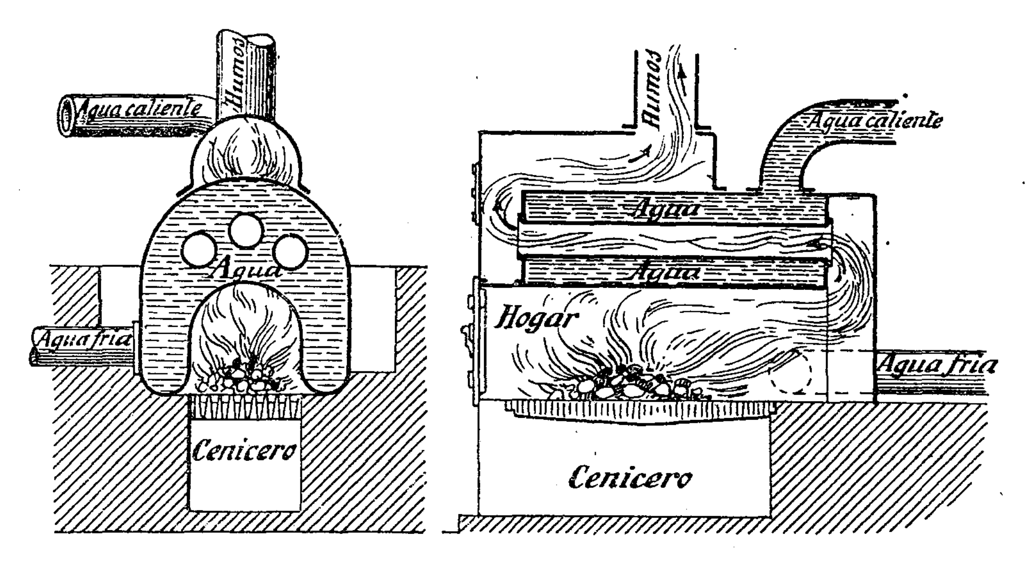
En segundo lugar, por la acumulación de incrustaciones calcáreas en las paredes de la caldera, pues aquéllas, impidiendo la transmisión del calor, hacen que la pared metálica se caliente excesivamente y llegue al rojo.

Ambas causas no se presentan más que en las calderas de vapor, pero no en las de agua, puesto que producen poco vapor, a menos de que el hogar dé un exceso de calor (lo cual indicaría que ha sido mal calculada la caldera); en cuanto a las incrustaciones, no pueden producirse, puesto que circula siempre la misma agua.

Sin embargo, a veces las calderas de agua se inutilizan rápidamente, cuando los carbones que se emplean son de mala calidad y contienen azufre, el cual corroe las paredes de la caldera. Debe, pues, buscarse para la construcción de la caldera el metal menos atacable por el ácido sulfuroso, que es el cobre. El palastro y la fundición están casi en las mismas condiciones de resistencia a la corrosión. El palastro galvanizado resiste mientras no ha sido atacado el zinc, pero, una vez que éste ha desaparecido, la corrosión se acentúa tanto más, puesto que se forma entre los dos metales un elemento eléctrico.

En toda caldera hay que determinar dos elementos: la superficie de la parrilla y la de calefacción. Se admite que un kilogramo de

hulla, cuya potencia calorífica teórica es de 8000 calorías, no produce eficazmente más que 3000, siendo, pues, el rendimiento de 40 %



Figs. 1586 y 1587. — Caldera horizontal para el caldeo de invernaderos.

solamente. Un metro cuadrado de superficie de parrilla puede quemar 50 kilogramos por hora; de aquí se deducirá la superficie total de la parrilla y también el consumo medio de carbón por año, admitiendo 150 ó 180 días de calefacción anual, según las estufas y los climas.

Para determinar la superficie de calefacción, se partirá del dato de que un metro cuadrado de superficie deja pasar 7000 calorías por hora.

Se emplean dos clases de calderas para la calefacción de estufas e invernaderos: horizontales y verticales.

Las *calderas horizontales* son de retroceso de llama. Generalmente tienen, en sección, forma de herradura (figs. 1586 y 1587); son tubulares para aumentar la superficie de calefacción: los tubos de humos están colocados en sentido longitudinal o en el transversal, según los sistemas; las llamas, después de haber lamido las paredes del hogar, vuelven sobre sí mismas, pasando por los tubos, antes de ir a la chimenea.

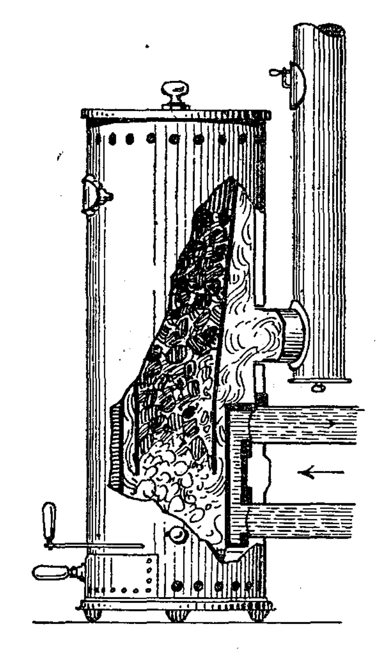


Fig. 1588.
Caldera vertical para caldeo de invernaderos.

Las *calderas verticales* son generalmente de carga continua y de combustión lenta; afectan casi siempre la forma de la estufa Chouberski, como se ve en la figura 1588.

DIMENSIONES DE LAS CALDERAS «LEBOEUF» PARA EL CALDEO DE INVERNADEROS

	NÚMERO de la caldera	DIMENSIONES longitud, ancho, altura	Superficie de calefacción	Volumen de agua	Cantidad de agua que pueden calentar		Superficie de la parrilla
					en litros	equivalente en longitud de tubos de 10 cm	
		m	m²	litros		m	m²
	De chapa de acero:						
Horizontales	0	0,500 × 0,345 × 0,283	0,75	16	196	25	0,10
Horizontales	1	0,700 × 0 346 × 0,283	1,05	21	314	40	0,11
Horizontales	2	0,900 × 0,396 × 0,335	1,62	31	471	60	0,15
Horizontales	3	1,200 × 0,396 × 0,335	2,16	40	707	90	0,18
Horizontales	3 *bis*	1,200 × 0,530 × 0,425	2,69	75	864	110	0,22
Horizontales	4 tubular	1,000 × 0,510 × 0,390	3,06	79	1099	140	0,15
Horizontales	5 »	1,000 × 0,560 × 0,440	3,26	96	1778	150	0,18
Horizontales	6 »	1,250 × 0,560 × 0,750	5,88	161	1413	180	0,22
Horizontales	7 »	1,500 × 1,096 × 0,700	13,31	328	2748	350	0,35
Horizontales	8 »	2,000 × 1,304 × 0,902	24,95	900	4710	600	0,40
Horizontales	9 »	3,000 × 1,630 × 1,100	67,68	2042	9420	1200	0,60
Verticales	10 »	diámetros, alturas	3,73	62	1178	150	0,20
Verticales	11 »	0,490 × 0,840	5,01	84	1570	200	0,20
Verticales	12 »		6,49	106	1963	250	0,20
Verticales	13 »	0,820 × 1,400	14,28	290	2748	350	0,30
Verticales	14 »	1,180 × 1,310	12,07	433	2748	350	0,27
	De chapa de cobre:						
Horizontales	0	0,560 × 0,360 × 0,275	0,85	19	236	30	0,10
Horizontales	1 tubular	0,600 × 0,360 × 0,275	1,15	21	314	40	0,11
Horizontales	2 »	0,750 × 0,380 × 0,520	2,26	34	471	60	0,14
Horizontales	2 hogar longitud. .	0,880 × 0,380 × 0,520	2,48	39	707	90	0,15
Horizontales	3 tubular	0,880 × 0,380 × 0,520	3,15	61	942	120	0,19
Horizontales	3 hogar longitud. .	1,010 × 0,420 × 0,590	3,45	65	1178	150	0,21

Según Leboeuf, pueden calcularse las superficies de calefacción—necesarias para un invernadero cuya área de vidrieras se conozca—por medio de la tabla siguiente, que obtuvo después de concluyentes experimentos en el jardín de invierno de la Escuela nacional de Horticultura de Versalles.

TABLA DE LAS SUPERFICIES DE CALEFACCIÓN NECESARIAS PARA EL CALDEO DE INVERNADEROS, POR CADA GRADO DE DIFERENCIA ENTRE LAS TEMPERATURAS INTERIOR t Y EXTERIOR t'.

Superficie envidriada	Superficie de calefacción necesaria	Longitud equivalente de tubos de fundición		Superficie envidriada	Superficie de calefacción necesaria	Longitud equivalente de tubos de fundición	
		de 10 cm de diám.	de 12 cm de diám.			de 10 cm de diám.	de 12 cm de diám.
m²	m²	m	m	m²	m²	m	m
1	0,0132	0,042	0,0355	50	0,660	2,10	1,78
2	0,0264	0,084	0,0710	60	0,792	2,52	2,13
3	0,0396	0,126	0,1065	70	0,924	2,94	2,49
4	0,0528	0,168	0,1420	80	1,056	3,36	2,84
5	0,0660	0,210	0,1775	90	1,188	3,78	3,20
6	0,0792	0,252	0,2130	100	1,32	4,20	3,55
7	0,0924	0,294	0,2485	200	2,64	8,40	7,10
8	0,1056	0,336	0,2840	300	3,96	12,60	10,65
9	0,1188	0,378	0,3190	400	5,28	16,80	14,30
10	0,132	0,42	0,355	500	6,60	21,00	17,75
20	0,264	0,84	0,71	1000	13,20	42,00	35,50
30	0,396	1,26	1,07	1500	19,80	63,00	53,25
40	0,528	1,68	1,42	2000	26,40	84,00	71,00

Si los tubos estuvieran colocados en badenes, habría que contar el doble de la superficie de calefacción necesaria y, si la estufa fuera de doble vidriera, $^1/_5$ menos.

VENTILACIÓN

Sistemas de ventilación.—La ventilación bien dispuesta consiste en evacuar el aire viciado, para reemplazarlo por aire puro.

Los principales medios empleados para ventilar los edificios son:

a) Poner en comunicación el local que se quiere ventilar con una chimenea de aspiración, en la cual se puede obtener una columna ascendente de aire caldeándolo por medio de un hogar encendido o de mecheros de gas; el aire viciado que aspira la chimenea se reemplaza por aire nuevo caliente o fresco, según las estaciones. Este es el sistema más sencillo; en muchos casos, se puede utilizar el calor del humo de la cocina para la aspiración del aire viciado, bastando para ello hacer desembocar dentro de la chimenea de aspiración el tubo de humos de aquélla. Se reprocha a este sistema de ventilación el contrariar el tiro de las chimeneas, el atraer los olores de cocinas y retretes y además el exigir cañones de gran sección.

b) Inyectar aire por medio de ventiladores-eyectores mecánicos que obran por difusión, o bien extraer el aire viciado por medio de ventiladores-aspiradores.

Introducción del aire.—El aire se introduce, sea utilizando los aparatos de calefacción, o bien por conductos especiales (dispuestos como los de los caloríferos) que toman el aire del exterior. Hay que tener cuidado de situar las tomas de aire al abrigo de cualquier emanación insana, de filtraciones de agua o de gas, del suelo o de las alcantarillas; también hay que alejarlas de los orificios por donde sale el aire viciado.

La velocidad del aire debe ser muy pequeña, pues no ha de pasar de un metro por segundo; sobre todo en los puntos por donde penetra el aire en el local, la velocidad ha de ser muy reducida a fin de que no se produzca una corriente, molesta para las personas que ocupan el local; además, si la velocidad es grande, el aire introducido no se mezcla bien con el aire ambiente.

Temperatura del aire.—Varía con el destino de los locales ventilados. Se admite una media de: 14° para las iglesias, 16 ó 17° para los hospitales, 18 ó 20° para las salas de espectáculos, 15 ó 16° para las oficinas, 17 ó 18° para las habitaciones.

En invierno, se logra fácilmente regular la temperatura por medio de la calefacción; pero en verano el problema es mucho más

complejo y—a menos de emplear refrigerantes que son costosos— no queda casi más recurso que hacer pasar el aire por galerías subterráneas donde puede refrescarse algo.

Al determinar la cantidad de aire, caliente o frío, que se ha de introducir o de evacuar, conviene tener en cuenta que una persona desprende 100 calorías por hora, una bujía esteárica otro tanto, una lámpara de petróleo 300 ó 400 y un mechero de gas 700 por término medio.

Evacuación del aire.—La llamada del aire viciado se hace, casi siempre, por chimeneas ex profeso o aprovechando el humo de las cocinas, pero este tiro, como es muy irregular, resulta siempre insuficiente. Los tubos que evacuan el aire viciado se hacen como los de conducción del aire fresco; la velocidad del aire en ellos debe ser la misma.

Volumen de aire que requiere la ventilación.—La proporción de ácido carbónico en el aire es de 0,0005 m^3 por cada metro cúbico de aquél. Ahora bien, un adulto produce al respirar 0,020 m^3 de ácido carbónico por hora, de modo que si se quiere que el aire no contenga en volumen una proporción de CO_2 superior a 0,001 es necesario suministrar 40 metros cúbicos de aire por individuo y por hora. En el mismo tiempo, el hombre produce 60 gramos de vapor de agua. Si el aire ambiente tiene un grado de humedad del 50 $^0/_0$ (conteniendo unos 6 gramos de agua por metro cúbico) y se quiere que su grado de humedad no pase del 75 $^0/_0$ (que corresponde a 9,60 gramos de agua por metro cúbico de aire) es preciso suministrar 20 metros cúbicos por persona y hora. Pero, si el aire ambiente tenía ya un 66 $^0/_0$ de humedad (es decir, si contenía primitivamente 8,50 gr/m^3) es necesario suministrar 60 metros cúbicos de aire, por persona y hora, para no pasar del coeficiente de 75 $^0/_0$.

En general, se admite en la actualidad que un volumen de 15 m^3 por individuo para los niños, y de 25 m^3 para los adultos, son cifras mínimas que no es prudente rebasar. Siempre que una causa cualquiera de insalubridad viene a sumarse a los fenómenos ordinarios de la respiración y de la transpiración cutánea, las cifras precedentes deben aumentarse bastante.

Así es que se adoptan, en general, las cifras siguientes:

escuelas de niños	15 a 20 m^3	por	persona	y	por	hora
escuelas de adultos.	30 a 35	»	»	»	»	»
salas de reunión ordinarias. .	60	»	»	»	»	»
salas ordinarias de hospitales .	70	»	»	»	»	»
salas de cirugía	150	»	»	»	»	»
salas de variolosos	200	»	»	»	»	»
salas de recién paridas . . .	300	»	»	»	»	»

cárceles.	50	m^3	por persona	y	por	hora
cuarteles, de día.	50	»	»	»	»	»
cuarteles, de noche.	40 a 50	»	»	»	»	»
talleres ordinarios	60	»	»	»	»	»
talleres insalubres	100	»	»	»	»	»
teatros y salas de conciertos .	40 a 50	»	»	»	»	»
cuadras.	180 a 200	»	por caballo		»	»

En las habitaciones ordinarias se supone, por hora, una cantidad mínima de aire renovado igual a una o dos veces su volumen; es suficiente, por persona y hora, una capacidad de 15 a 20 metros cúbicos.

El aire fresco de la ventilación no debe tener una temperatura sensiblemente inferior a la que reina en el local que se quiere ventilar. Por consiguiente es preciso, en muchos casos, calentar el aire de la ventilación antes de introducirlo en él. Como este caldeo disminuye la proporción de humedad contenida en el aire, hay necesidad de agregarle cierta cantidad de vapor acuoso.

El alumbrado, cuando tiene alguna importancia, exige un volumen de aire adicional que debe basarse en las siguientes cifras: 6 m^3 por bujía esteárica y hora, 24 m^3 por lámpara de petróleo con mechero grande, 25 m^3 por cada mechero de gas que consuma 100 litros por hora.

Ventilación por chimeneas de llamada. — No nos ocuparemos aquí de la ventilación obtenida por medios mecánicos, sino sólo de la basada en la diferencia de temperatura—y, por lo tanto, de densidad—de una columna de aire.

En invierno, la ventilación queda asegurada por la misma calefacción, evacuándose el aire viciado por el hogar y por aberturas practicadas ex profeso en comunicación, por medio de conductos, con la parte superior del edificio. En verano, se puede aprovechar también el calorífero, apagado por supuesto, pues sus tubos y, sobre todo su toma de aire, que pasan por debajo del suelo, se prestan a ello admirablemente; sin embargo, en este caso, sería preciso emplear un ventilador mecánico colocado en la toma de aire.

En ciertos casos, cuando se trata de un edificio bastante importante, la ventilación se efectúa por una gran chimenea — en la cual se coloca un hogar o sistema de caldeo cualquiera—provisto de un tubo de humo. Esta chimenea, a la cual afluyen los conductos de salida del aire viciado de cada habitación, remata con una linterna de evacuación.

El hogar de llamada puede colocarse abajo, arriba o en ambos sitios simultáneamente. El sistema de llamada por abajo conviene para edificios de poca altura. El sistema por arriba es más conveniente para edificios de mucha elevación. El sistema mixto se dispone

del modo siguiente: un hogar, colocado en la parte inferior, tiene su tubo de humo encerrado en una chimenea por donde se hace la evacuación del aire viciado de las habitaciones inferiores. Este tubo pasa por un aparato de calefacción, colocado en las buhardillas, lo que provoca la llamada del aire viciado de los cuartos superiores.

En estas disposiciones, la boca de evacuación del aire viciado de la habitación se sitúa junto al suelo y la entrada del aire puro se coloca cerca del techo.

La ventilación de las habitaciones suele ser cuestión bastante descuidada en la construcción y muchas veces no existe. Las puertas y ventanas, en verano, y las imperfecciones de las obras de carpintería, en invierno, se encargan entonces de este importante servicio; no hay que insistir en los inconvenientes que ello representa.

La misma porosidad de los materiales contribuye algo a la ventilación. Así, según Maker, un metro cuadrado de fábrica deja pasar:

si es de arenisca	1,69 m^3 de aire por hora
» » » caliza	2,22 » » » » »
» » » ladrillo	2,83 » » » » »
» » » toba	3,64 » » » » »
» » » tapial	5,12 » » » » »

CAPÍTULO XIV

Obras diversas de decoración

Pintura.—Colores empleados en pintura: blanco, amarillo, rojo, azul, verde, negro; mezclas para obtener diversos matices.—Trabajos preparatorios.—Blanqueos.—Pintura al temple.—Pintura al óleo: materias empleadas; preparación de la pintura; tonos de empleo más frecuente.—Pintura para radiadores.—Dorado: dorado a la cera, dorado al temple, dorado al óleo.—Plateado.—Bronceado.—Imitación de maderas y mármoles.—Estarcidos.
Papeles pintados.—Generalidades.—Colocación.
Enceramiento de los entarimados.—Modo de efectuarlo.
Decoración plástica.—Generalidades acerca de la escultura.—Escultura en piedra.—Alfarería decorativa.—Staff.—Cartón-piedra.
Persianas, toldos.—Persianas.—Cortinas.—Cortinas de las tiendas.—Toldos.
Maderas y metales calados.—Metales calados.—Maderas caladas.

PINTURA

Se emplean en la edificación dos clases distintas de pinturas: la que se destina a conservar los materiales y la que forma o contribuye a la decoración. Ambas clases de pinturas pueden hacerse de tres modos diferentes, según la clase de trabajo que se desea obtener: *a la cal, a la cola* o *temple* y *al óleo.*

Colores empleados en pintura.—Hay seis colores fundamentales: *blanco, amarillo, rojo, azul, verde* y *negro.*

BLANCO.—Se distinguen: el *blanco de creta* (blanco de Meudon); el *blanco de cal,* el *blanco de barita,* el *blanco de plomo* o *cerusa* (carbonato de plomo) y el *blanco de zinc* (óxido de zinc) que es muy empleado por ser menos insalubre que el de plomo.

AMARILLO.—Se emplean: el *amarillo de ocre* (mezcla natural de arcilla y óxido de hierro); la *tierra de Italia,* el *amarillo de Marte* (procedente del óxido de hierro precipitado con una sal de protóxido de hierro); el *cromato de cal,* el *cromato de barita,* el *cromato de zinc* (sulfato de zinc tratado por cromato potásico); el *amarillo de cromo* (cromato de plomo) que se subdivide en amarillo anaranjado, amarillo claro, naranja y junquillo, etc.; el *amarillo de Nápoles* (antimoniato de plomo).

ROJO.—El *rojo de Inglaterra* (óxido de hierro); el *ocre rojo,* el *minio* (óxido de plomo); el *bermellón* o cinabrio (compuesto de 86 % de mercurio y 14 % de azufre) que es de un bello rojo brillante; la

púrpura de Cassius, el *rejalgar* (sulfuro de arsénico); el *carmín* (sacado antiguamente de la cochinilla y hoy artificial), etc.

AZUL. — Se usan: el *azul de Prusia* (combinación de cianuro de potasio con una sal de óxido de hierro); el *ultramar* (extraído de la piedra lapislázuli); el *azul cobalto* (compuesto de una parte de fosfato de cobalto hidratado y de ocho partes de alúmina); el *esmalte,* etc.

VERDE. — Se distinguen: la *tierra verde de Verona,* el *ocre verde,* el *verde cromo,* la *laca verde* (óxido de cobre y óxido de zinc); el *verde gris* (sal de cobre); el *verde de Scheelle* o *verde mineral* (arseniato de cobre); el *verde inglés* (mezcla del anterior con sulfato de cal); el *verde ceniza,* el *verde de montaña* (tierra coloreada por sales procedentes de la descomposición del sulfato cuproso).

NEGRO.—Se cuentan: el *negro de humo,* los *negros de huesos y de marfil* (que se obtienen por la calcinación de dichos productos); el *negro de carbón* (carbón pulverizado).

MEZCLAS PARA OBTENER MATICES DIVERSOS

Amarillos

Color oro . . . . blanco, amarillo de cromo 10 °/o o amarillo mineral 75 °/o, bermellón 1 °/o;
Limón . . . . . blanco 40 partes, amarillo de cromo 1, azul de Prusia 1;
Color azufre . . . blanco, amarillo mineral $^{4}/_{5}$, azul de Prusia $^{1}/_{400}$;
Amarillo de canario. amarillo mineral puro;
Junquillo . . . . blanco 5 partes, amarillo de cromo 1;
Amarillo de paja . . blanco 40 partes, amarillo de cromo 1;
Gamuza . . . . . blanco 30 partes, amarillo de cromo 1, bermellón 1;
Gamuza obscura . . blanco 10 partes, tierra de Siena quemada 1;
Color de piedra . . blanco 15 partes, ocre amarillo 1;
«Mahón». . . . . blanco 40 partes, rojo de Prusia 1, ocre amarillo 1.

Rojos

Escarlata . . . . bermellón de China puro;
Carmesí . . . . . laca carminada y bermellón;
Rojo cereza . . . bermellón y carmín;
Rosa . . . . blanco y laca carminada;
Langostino, salmón. blanco y bermellón;
Amaranto . . . . azul $^{1}/_{4}$, rojo $^{1}/_{4}$, laca $^{1}/_{4}$, blanco $^{1}/_{4}$;
Lila . . . . . . blanco, laca $^{1}/_{15}$, azul de Prusia $^{1}/_{60}$;
Violeta . . . . . azul y carmín.

Azules

Azulado . . . . . blanco, azul de Prusia $^{1}/_{120}$, o ultramar $^{1}/_{130}$;
Azul claro . . . . blanco, azul de Prusia $^{1}/_{50}$, laca $^{1}/_{500}$;
Indigo. . . . . . índigo, azul de Prusia y negro con algo de carmín.

Verdes

Verde agua . . . blanco, verde de Prusia;
Verde crudo . . . verde de Prusia;
Verde follaje . . . amarillo de cromo, azul de Prusia, tierra de Siena;
Verde «artillero» . verde de Prusia, negro.

Para dar tres manos de pintura hay que contar que, por metro cuadrado de superficie, se consumen:

primera mano (de imprimación) sobre	madera	o yeso,		0,140	Kg	de	pintura
segunda »	»	»	»	0,110	»	»	»
tercera »	»	»	»	0,100	»	»	»

Trabajos preparatorios.—La pintura es la última operación que se hace en un edificio y señala la terminación completa de él. Pero se comprende que todas las operaciones que la han precedido dejan la obra en un estado imperfecto: con pelladas de yeso, agujeros de clavos, desgarraduras, etc. Además, las maderas están rugosas, los enyesados no presentan una superficie completamente lisa; por lo tanto, el pintor tiene primeramente que proceder a diversas operaciones preparatorias: *limpieza* de los muros, techos y obras de carpintería, que se hace con una escobilla de crin; *raspado,* para quitar pelladas de yeso, grandes desigualdades y partes sólidas de cualquier clase que formen saliente; *plastecido,* que se hace con yeso, si los agujeros son grandes, y con mástique a la cola o al aceite (según la naturaleza de los trabajos ulteriores) sobre muros, techos y revestimiento de madera; por fin, *operaciones diversas.* En trabajos bien hechos, antes de dar las manos de pintura, se enlucen las superficies que deben recibirla con mástique fluído y algo secante, el cual, bien raspado, deja la superficie bastante plana y permite, en caso necesario, el empleo del barniz. En los trabajos esmerados se recurre también al *apomazado,* operación que consiste en alisar por medio de la piedra pómez o del papel de lija una superficie ya pintada o enlucida. Algunas veces, en obras muy esmeradas, se llega a dar diez manos de color y de barniz y otros tantos apomazados sucesivos.

Cuando se trata de reparaciones, los trabajos preparatorios consisten en raspar y lavar las pinturas y papeles, en plastecer a la cola o al aceite, en pegar bandas de tela fuerte sobre las oquedades de los enlucidos, alisando las superficies con el cuchillo, etc.

Blanqueos.—La pintura a la cal se utiliza para los paramentos de los muros exteriores. Se apaga la cal en el agua, agregándole un poco de alumbre y de trementina (en Oriente sólo echan a la cal viva cierta cantidad de sebo); esta mezcla debe darse por capas muy tenues.

Existen numerosas fórmulas para la composición de la lechada de cal; hay algunas de ellas en que entran queso blanco, patatas, etc., mezclas muy ingeniosas y quizá muy buenas pero que se emplean muy raras veces. Se obtiene una buena lechada de cal con la siguiente composición: 17 litros de cal viva en terrón, que se apagan en agua caliente, teniendo cuidado de que la cal quede sumer-

gida; el líquido obtenido se pasa por un tamiz fino y se añaden después 9 litros de sal blanca—previamente disueltos en agua caliente,—1,5 Kg de harina de arroz (hecha papillas y muy caliente), 0,225 Kg de blanco de España en polvo y 0,5 Kg de cola clara, disuelta en agua y calentada en baño maría. Después, se agrega al todo 23 litros de agua caliente, se remueve bien y se deja reposar durante algunos días. Esta lechada se aplica en caliente y necesita el empleo de un hornillo portátil. También se emplean lechadas coloreadas que, si son de cal bien apagada, conservan bien el azul, el gris y algunos rojos, pero casi siempre absorben el verde y recobran el color blanco-amarillento. El único verde que resiste es el verde mar, con el que se obtiene un verde agua de excelente efecto.

Pintura al temple.—Para la pintura a la cola o al temple, los colores se deslíen primeramente en el agua y después se templan con la cola. La pintura al temple, que no debe emplearse más que en los interiores, se compone de agua, cola animal, blanco de España y el color correspondiente. El temple sirve para techos, paredes, etc.; es susceptible de cierto efecto decorativo, se puede adornar con filetes, flores, etc., por medio del estarcido, con el pincel, etc.

Para lograr buen resultado, la pintura al temple debe aplicarse en caliente y, siempre, sobre superficies perfectamente secas. Debe tenerse, también, la precaución de no emplear aguas cargadas de sulfato cálcico; el agua de río es la mejor. Una buena pintura al temple comprende, por lo menos, una mano de simple encolado y dos manos de cola teñida.

Pintura al óleo.—Una buena pintura necesita los trabajos preparatorios de que hemos hablado, pues no se obtiene una pintura sólida sin asegurar su adherencia y consistencia, mediante aquella preparación.

MATERIAS EMPLEADAS.—Las principales son las que se enumeran a continuación:

a) Todas las *materias colorantes* que el comercio expende en polvo o en pasta.

b) La *cera de abejas,* que tiene diversos usos: para encerar los entarimados y las pinturas murales como encáustico; para pintar a la cera: en este caso la cera se disuelve en aceite de trementina y se calienta, ligeramente, durante su empleo. Para dorar, la cera aplicada en caliente reemplaza al mixtión; los doradores emplean una mezcla con cera, para dar al bronce el matiz de oro rojo, compuesta de cera amarilla, ocre rojo, verde gris y alumbre. La cera blanca o virgen, que no ha sido fundida, sirve como encáustico para los mármoles y los embaldosados de color claro. El encáustico ordinario es, sencillamente, cera amarilla disuelta en trementina.

c) Las *colas,* materias secantes que interpuestas tienen la propiedad de hacer adherir los objetos que se yuxtaponen. Se distinguen: el *engrudo,* formado por harina desleída en agua y hervida después, que sirve para pegar el papel pintado; la *cola de Flandes* o *cola fuerte,* gelatina procedente de la cocción de pedazos de piel en agua, que se emplea en la pintura, pero principalmente en la carpintería; la *cola de retal,* que se obtiene hirviendo en agua pedazos de pieles blancas y se utiliza en la pintura al temple; la *cola de pergamino,* variante de la anterior, que se emplea en las pinturas al temple que deben barnizarse o dorarse.

d) La *esencia de trementina,* procedente de la destilación de la resina extraída de diferentes árboles, sobre todo del pino marítimo. Esta materia disuelve los cuerpos grasos y resinosos; sirve para templar los colores desleídos en aceite. Cuando hay que barnizar la pintura, la primera mano debe darse con pintura desleída sólo en aceite y las otras en esencia pura. La mano de barniz consolida las de esencia. Si, por el contrario, la pintura no ha de barnizarse, la primera mano se dará con aceite y las dos últimas rebajadas con esencia.

e) Los *aceites,* de los cuales se utilizan varios: el *de linaza* es muy empleado en la pintura, tiene color amarillento y es el más secante de los aceites crudos; se le puede blanquear mucho poniéndolo al sol, en verano, en una cubeta de plomo. El *aceite de nueces,* que al aire adquiere mejor aspecto que el de linaza; conviene emplearlo puro para los exteriores. Los *aceites grasos* procedentes de los vegetales y de los pescados y cuya densidad varía de 0,89 a 0,93. Los *aceites cocidos,* que son los más secantes de todos, empleándose con la adición de 6 ó 7 % de litargirio y, siempre que sea posible, en caliente.

f) El *litargirio* u óxido de plomo, que comunica propiedades secantes a los aceites en que se deslíen los colores, cuando aquéllos lo son ya algo. También se emplean otros *secantes:* la *caparrosa* (sulfato de zinc o vitriolo blanco) que tiene el inconveniente de dar un matiz amarillento a los colores; una mezcla de 97 partes de *blanco de zinc* con una parte de sulfato de manganeso puro, una de acetato de manganeso puro y otra de sulfato de zinc calcinado; se mezcla este secante, reducido a polvo impalpable, en la proporción de $^1/_2$ a 1 % con el blanco de zinc. El *aceite graso* es el mejor de los secantes; se le llama también aceite cocido y aceite litargiriado; para prepararlo se hierve a fuego lento, durante dos horas, una mezcla compuesta de:

aceite de linaza	1000	gramos
litargirio.	30	»
cerusa.	30	»
sombra de Venecia	30	»
talco	[illegible]	

Se remueve constantemente, para que la mezcla no se ennegrezca, y se le espuma cuando hace falta. Se deja reposar, con lo que el aceite se clarifica, y se guarda en botellas bien tapadas.

No se debe mezclar el secante con la pintura hasta el momento de su aplicación, para que aquélla no se espese. Si se quiere barnizar, no debe emplearse el secante más que en la primera mano, las otras dos manos se darán con esencia y deben secarse solas. Para colores obscuros, se pueden emplear 30 gr de litargirio, por cada kilogramo de cola. Para colores claros, se echarán por cada kilogramo de color—desleído en aceite de nuez o de adormideras—tres o cuatro kilogramos de caparrosa blanca. Si se emplea el aceite graso, que conviene principalmente para ciertos colores (como son el limón y los verdes de composición) se echa, por cada kilogramo de color, un gramo de ácido graso y se rebaja el conjunto con aguarrás puro.

En general, cuanto mayor proporción de secante se emplea, más rápida es la desecación, pero los colores que contienen secante son poco adherentes y, a menudo, se desprenden poco tiempo después de su aplicación, por lo cual no deben emplearse secantes más que en casos excepcionales o con los colores de desecación muy lenta.

g) El *minio,* que es un óxido de plomo de propiedades intermedias entre las del litargirio y las del extracto de saturno; tiene un hermoso color rojoanaranjado, muy vivo, y se emplea en la pintura al óleo para *imprimar* las maderas de las fachadas y, principalmente, para los hierros.

Los *barnices* son substancias resinosas disueltas y conservadas en suspensión en un líquido. Extendidos sobre las superficies se adhieren a ellas, formando una capa delgada, transparente y sólida; se emplean: el *barniz claro* o *al alcohol,* el *barniz graso* o *al aceite* y, por último, el *barniz* al aguarrás. El barniz graso se emplea en el exterior y el barniz claro en el interior.

PREPARACIÓN DE LA PINTURA.—Se agrega la materia colorante, previamente desleída, y se rebaja con esencia de trementina para que la mezcla resulte más fluída y, al mismo tiempo, más secante. Ordinariamente se dan tres capas de pintura; la primera, llamada de *imprimación,* puede ser de un color cualquiera pero que, sin embargo, se aproxime al que tendrá la primera mano, para evitar los efectos de transparencia; la mano de imprimación se da antes del plastecido, pues así las maderas, yesos y metales toman mucho mejor el plaste. La imprimación hace las veces del encolado y se da con cerusa o blanco de zinc, molido y desleído en aceite; para el hierro, y a veces para la madera, esta primera mano se da con minio de plomo, que queda completamente cubierto con las otras dos manos. Como que es difícil y costoso obtener superficies completamente lisas, que conserven el barniz sin producir reflejos, generalmente se

emplean las pinturas mate, que tienen la ventaja de disimular las irregularidades de la superficie.

La pintura ordinaria, que tiene un ligero brillo, se prepara con aceite, adicionando un 10 °/₀ de esencia de trementina, aproximadamente.

La pintura mate puede prepararse con esencia pura, si se tiene cuidado de dejar en reposo la mezcla durante dos días, por lo menos, para dar tiempo a la esencia de *engrasarse.* Esta pintura es poco sólida pero muy bonita, y puede emplearse en las partes poco expuestas donde no sean de temer los rozamientos; se le da más consistencia agregándole 10 °/₀ de aceite, aproximadamente.

Muchas materias colorantes presentan el inconveniente de ser poco secantes; así ocurre con los negros de huesos, de marfil, etcétera, desleídos en aceite; entonces se debe agregar a la mezcla un secante.

TONOS DE EMPLEO MÁS FRECUENTE.—En el *exterior,* sobre los yesos, los tono piedra, verde y huevo de pato son los de mejor efecto; para maderas, persianas y piezas de fundición, el gris y el pardo Van-Dyck, como también el negro y el verde obscuro. Para las portadas de tiendas, puede aplicarse gran variedad de pinturas, teniendo en cuenta el destino de la misma en cada caso particular.

En el *interior,* tomando como ejemplo una casa pequeña, pueden emplearse:

Vestíbulo.—Techo blanco, paredes verde de agua con filetes de verde obscuro; basamento imitación de mármol o verde; para los tableros dos tonos. En lugar del matiz verde, se puede emplear matiz rojo, conservando una gradación análoga de tonos.

También se pueden pintar los tableros imitando mármol con recuadros, de color claro por arriba y más obscuro en el basamento.

Escalera.—Zanca y contrahuellas, color roble o pardo Van-Dyck; barandilla, pardo Van-Dyck, verde de bronce, rojo o amarillo, procurando hacer resaltar las partes salientes. Para las paredes, imitaciones de mármol o de granito, que son más convenientes que los colores lisos, porque—como las rozaduras, desconchaduras, etc., son frecuentes a causa de lo reducido del espacio que se reserva a las escaleras—al hacer reparaciones, es mas fácil unir la parte vieja con la que se ha renovado. Se obtiene un excelente resultado coloreando ligeramente la pintura al temple de los techos de escalera: de *crema, gamuza, salmón,* etc., lo que da tonos vivos más agradables que el blanco puro empleado ordinariamente.

Comedor.—Techo salmón, si es liso; si es artesonado, matices de roble o de nogal, según el mobiliario, con fondo de los artesones de color rojo o azul—ya lisos, ya con recuadros, o dibujos;—revestimientos, matiz de una sola madera; encima de ellos, paredes empapeladas de verdeazulado o de rojo, con recuadros de tela del mismo

matiz. Si se emplea el papel, escojánse con preferencia los amarillos estampados y barnizados o bien papeles que imiten dibujos de follaje, como los empleados en tapicería.

Salón.—Cielorraso, con o sin motivos ornamentales; paredes blanco y oro—este último empleado con discreción,—blanco, gris perla de varios tonos. También se puede emplear pintura con decoración: revestimientos, pardo Van-Dyck con tableros y recuadros de dos tonos distintos; paredes, recuadros de pardo Van-Dyck con fondo de tela roja, encuadrada con junquillos de oro; resaltos de oro sobre las tapicerías.

Habitaciones diversas.—Se emplea en general el gris claro; techos blancos; plintos obscuros, o de color mármol en las chimeneas.

Pintura para radiadores.—La elevada temperatura que el vapor o el agua caliente comunica a los radiadores, no permite emplear para ellos la pintura ordinaria al óleo o con barniz, pues se echaría a perder rápidamente. Se procede del modo siguiente: se prescinde de añadir aceite a la mezcla y, por lo tanto, deberán emplearse colores en polvo, proscribiendo en absoluto los desleídos; se disuelve el color en una mezcla formada por 66 $^0/_0$ de bencina y 33 $^0/_0$ de esencia de trementina. Se añade barniz inglés en cantidad suficiente para comunicar brillo a la pintura.

Dorado.—Se emplea para enriquecer y dar brillo a ciertos puntos o partes, generalmente de pequeñas dimensiones, pues ya se comprende que si se dorasen masas o superficies demasiado grandes, en vez de despertar la idea de riqueza—que es lo que se pretende—no se lograría sino destacar más la inferioridad de los materiales que cubre el dorado. Cuando el dorado se aplica con discreción y en los sitios convenientes—donde su brillo contraste vigorosamente con los tonos que lo rodean (por ejemplo, en el exterior: capiteles, canalones, barandillas de balcones, rejas, estatuas, etc.; para el interior: molduras, ornamentos esculpidos, rosetones, hojas, etc.)—es de muy buen efecto.

El oro reducido a *panes* delgadísimos, se expende en el comercio en librillos: la calidad varía mucho, pues desde el oro puro, pasando por aleaciones de ley más baja: oro amarillo, oro rojo y oro verde, se emplean para dorar incluso panes de cobre.

Dorado a la cera.—Es un antiguo procedimiento que rara vez se emplea en la actualidad. Consiste en extender, sobre las partes que se quieren dorar, una mezcla caliente compuesta de cera, esencia de trementina y una pequeña cantidad de resina. El obrero coloca el pan de oro sobre esta preparación con la mano, si se trata de cobre cuyas hojas son relativamente gruesas, o con el pincel, si son de oro realmente.

Dorado al temple.—No puede emplearse más que en los interiores, pues las inclemencias atmosféricas lo degradarían rápidamente. Se empieza por limpiar de grasa el objeto que se va a dorar, lavándolo con una mezcla hervida de: agua, absenta, ajos y cola de retal; se deja secar, después se da una mano de *blanco claro* (compuesto de cola, de agua y de blanco triturado y tamizado) y se deja secar de nuevo. Luego se dan en caliente seis manos de blanco de Meudon mezclado con cola; después se aplica un plaste, compuesto de blanco y cola, y se apomaza con una muñeca de piel de perro (esta operación se hace para la madera y tiene por objeto quitar las rebabas que hubieren podido producirse). Luego se procede a las operaciones siguientes: alisamiento con la piedra pómez, retoque de las partes molduradas y desengrasado con la esponja; entonces se da una mano de amarillo al temple, se pule con cola de caballo (planta cubierta de asperezas), se dan las capas de *sisa* o mordente (tierra bolar mezclada con sanguina y con minio de plomo) y finalmente se frotan con un lienzo seco las partes que deben quedar mate y se dan otras dos manos de sisa a las partes que han de bruñirse. En estas condiciones, la obra está a punto para recibir el dorado: se moja con agua y, con un pincel plano llamado *paleta* o *espátula de dorador,* se aplican los panes de oro que han sido previamente cortados de las dimensiones necesarias sobre la *almohadilla de dorador,* tablilla bordeada por tres lados con listones, para que el viento no levante las hojas, y cubierta con un pequeño cojín de piel muy fina.

Una vez fijado el oro, se bruñen las partes que deben quedar brillantes, se matan a la cola las que deben permanecer mate, se retocan las molduras y se aplica la capa de corladura que produce un hermoso reflejo. La corladura se compone de gomaguta, achiote, bermellón, sangre de drago y cenizas de sarmiento de vid; esta mezcla se hierve en agua hasta consistencia siruposa, después se pasa por un tamiz de seda y, para emplearla, se le añade agua engomada.

Dorado al óleo.—Se hace como el precedente, sobre una preparación—ya de cerusa calcinada al aceite graso y rebajada con esencia, ya a la cola. Las demás operaciones preparatorias son semejantes a las del dorado al temple.

Después de hechas estas operaciones, se da una primera mano, llamada de imprimación, con una mezcla compuesta de dos partes de cerusa, una de ocre amarillo y un poco de litargirio pulverizados separadamente y desleídos después en una mezcla de aceite graso y esencia de trementina. Se deja secar esta mano, después se dan cuatro o cinco manos del primer apresto descrito, con un día de intervalo entre cada mano. Entonces, se alisa con la piedra pómez y agua, después se dan varias manos de barniz laca, pasando suavemente una estufilla para fundir las líneas que hubiera podido dejar la bro-

cha. Después de seco el barniz, se pule con cola de caballo y luego con trípoli desleído; por último se da una mano muy ligera de un mordente llamado *color oro*. Entonces, se aplican los panes de oro; el obrero coge de su almohadilla, valiéndose de la paleta, un pan de oro, lo aplica sobre la capa de mordente y hace que se adhiera por medio de un pincel.

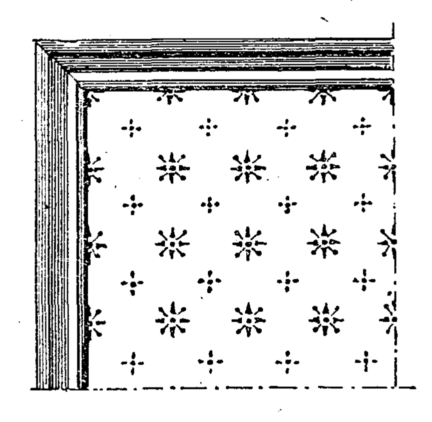


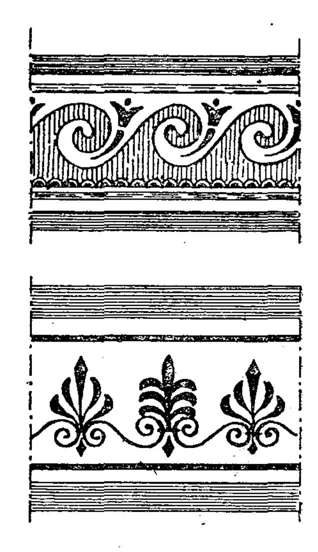
Fig. 1589.
Dibujo estarcido, adecuado para superficies extensas.

El bruñido se efectúa frotando, por medio de una herramienta en forma de diente de lobo; esta herramienta es de acero, de sílex o de ágata. Para obtener las partes mate, se da sencillamente sobre el oro una mano caliente de cola de pergamino. El *granulado* se obtiene echando arena de granos pequeños sobre una primera mano de mordente y aplicando el oro sobre una segunda mano.

Todas estas operaciones, muy largas, no son siempre indispensables; se pueden suprimir algunas y hasta contentarse, si se trata de una superficie suficientemente limpia, con una mano de imprimación y otra de mordente, aplicando los panes de oro tan pronto aquélla presente al dedo una superficie ligeramente pegajosa.

Plateado.—El plateado comprende las mismas operaciones que acaban de describirse para el dorado y, por lo tanto, huelga entrar en más detalles. La única diferencia consiste en emplear hojas de plata, en vez de panes de oro.

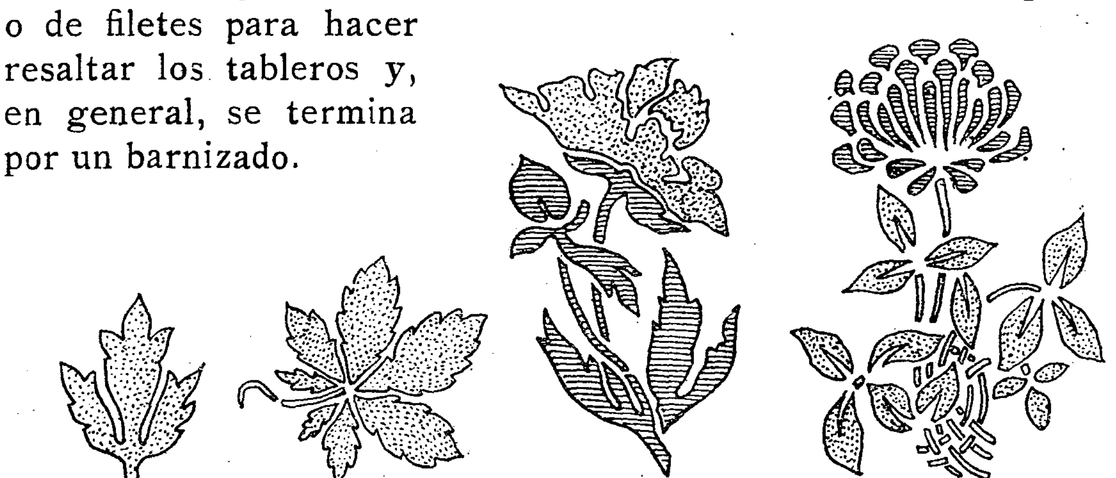
Bronceado. — Se emplea para los hierros y, algunas veces, también para las maderas (puertas y portadas de tiendas). Este trabajo se hace siempre al óleo y, algunas veces, al mismo tiempo que el dorado. Se aplica sobre una mano de mixtión o, sencillamente, sobre barniz que actúa de mordente por la desecación; se extiende el bronce en polvo sobre el objeto, con un tallo de llantén, y para los trabajos esmerados con un trozo de terciopelo o de pana. En ambos casos se broncea por completo o sólo las partes salientes, para producir el efecto de metal oxidado con brillo solamente en aquellas partes más expuestas al frotamiento y por lo tanto pulimentadas. En el comercio se encuentran bronces de todos colores.



Figs. 1590 y 1591.
Frisos estarcidos.

Imitación de maderas y mármoles.—El decorador se encarga de la imitación de las maderas finas: caoba, cedro, roble, etc., así

como de los mármoles y piedras buenas. Esta clase de decoración va siempre acompañada de molduras — reales o fingidas — o de filetes para hacer resaltar los tableros y, en general, se termina por un barnizado.



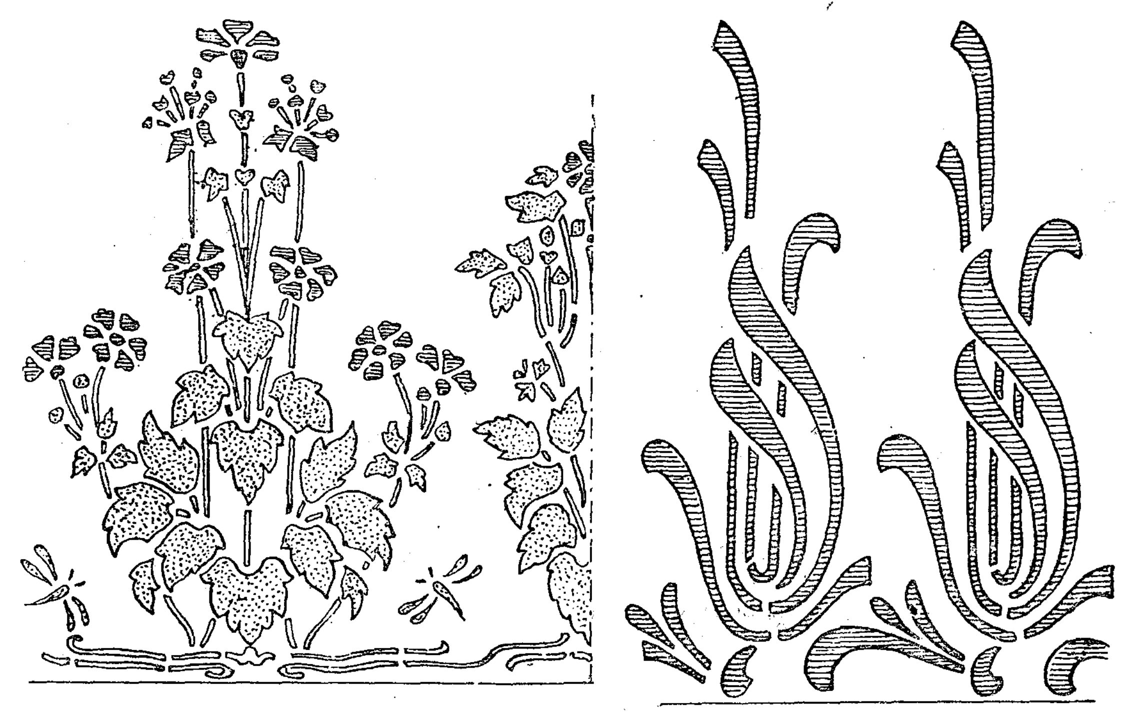
Figs. 1592 a 1595.—Elementos decorativos que pueden obtenerse con el estarcidor.

Estarcidos.—Son excelentes motivos de decoración, sobre todo para grandes superficies (fig. 1589) donde ningún otro medio disimula tan bien los defectos de la superficie que se decora. Este género de ornamentación puede aplicarse en las cajas de escaleras de hoteles, en los comedores, y en las bibliotecas y gabinetes de estudio.



Fig. 1596. — Orla estarcida.

Los estarcidos se obtienen con el auxilio de estarcidores de cartulina engrasada o de chapa metálica delgada; el dibujo que se quiere obtener puede ser de varios colores, empleando un estarcidor distinto para cada uno.



Figs. 1597 y 1598.—Orlas estarcidas.

Este procedimiento de decoración es muy económico. Las orlas y frisos pueden obtenerse también por este procedimiento. Las figuras 1590 a 1598 constituyen algunos ejemplos de los dibujos que pueden obtenerse por el procedimiento del estarcido.

PAPELES PINTADOS

Generalidades.—La industria de los papeles pintados parece que es originaria de China. En Europa casi no se comenzó a emplear sino a fines del siglo XVII. Antiguamente se revestían las paredes con frescos, con telas pintadas y más tarde con tapicería, mientras las viviendas pobres tenían sus paredes completamente desnudas. Hoy—como entonces—se reservan los frescos y tapicerías para las habitaciones de lujo, constituyendo el papel pintado una imitación barata de aquellos medios decorativos, con destino a las casas intermedias y modestas. Los papeles estampados imitan muy bien los cordobanes, así como los papeles de pelusa y cilindrados producen una ilusión, bastante perfecta, de las telas y tapicerías más lujosas.

En ciertos países el uso de los papeles pintados no se ha generalizado, empleándose exclusivamente los estarcidos para decorar con flores, figuras, etc., las paredes.

El comercio presenta una variedad inmensa de papeles pintados, tanto por lo que hace al dibujo como por lo que se refiere al color, lo cual permite satisfacer todos los gustos.

Colocación.—Toda clase de pinturas, sean al temple, sean al óleo, deben darse antes de empapelar. Las superficies destinadas a recibir el papel pintado deben rasparse y limpiarse, con objeto de hacer desaparecer las desigualdades. Cuando se emplean papeles caros conviene preservarlos contra la acción destructora del yeso, pegando sobre éste un papel intermedio, encima del cual se aplica luego el papel más fino.

La longitud de los rollos, ordinariamente, es de ocho metros y el ancho de 50 cm. Sin embargo, salvo para los papeles lisos, no se puede contar con que un rollo cubra cuatro metros cuadrados, porque la necesidad de casar los dibujos da lugar a mucho desperdicio. Una vez preparados los trozos de papel, es decir, cortados de la longitud conveniente, se pegan empezando por el lado de donde viene la luz, para que los resaltos de las juntas no arrojen sombra. Para pegar, se usa el engrudo ordinario que consiste, sencillamente, en harina desleída y hervida en agua; cuando se trata de papeles barnizados se agrega un 8 °/₀ de dextrina. Las orlas deben ser proporcionadas a la altura de la habitación, pues si son demasiado anchas, producen un efecto de achatamiento.

Cuando el papel reviste una puerta—como sucede con las llama-

das de escape (pág. 444)—en el sitio donde el papel ha de doblarse para permitir la apertura se coloca, sin engrudo alguno, una tira estrecha, de unos 7 cm de ancho, de papel mojado en agua; encima de ésta se pega con engrudo una tira de calicó de 12 a 15 cm de ancho y, por último, sobre todo ello se pega el papel como de costumbre. Cuando todo está seco y se abre la puerta, la tira de papel que se puso sin engrudo y que ha quedado despegada se pliega y evita, de este modo, la rotura del papel pintado que, de otro modo, sería inevitable. En las puertas de escape hay que tomar, además, la precaución de clavar sobre la madera una tela de harpillera sobre la cual se pega luego el papel, pues, de lo contrario, al rajarse la madera, se rasgaría también el papel. A veces, se bordea la puerta con tiras de zinc o de palastro (también debajo del papel), que sirven de batiente y disimulan mejor la juntura con el cerco de la pared.

ENCERAMIENTO DE LOS ENTARIMADOS

Modo de efectuarlo. — Después de construído el entarimado (página 480) el carpintero procede al recorrido de las juntas, hecho lo cual el pintor se encarga del enceramiento del mismo.

Este trabajo se hace disolviendo en agua caliente cera amarilla, a la que se añade un poco de sal de tártaro; otras veces se disuelve la cera en esencia de trementina. A cualquiera de estos dos encáusticos se les agrega bija, si se quiere colorear el entarimado, la cual da a la encina un hermoso y vivo color.

El encáustico se extiende, en los dos casos, por medio de un pincel y se deja secar durante un día, por lo menos. Después viene el lustrador que frota con el cepillo y saca brillo al entarimado.

Cuando un entarimado está sucio, se frota con virutas metálicas, operación que, bien hecha, casi equivale a un acepillado; después, se encera y lustra como si fuese un entarimado nuevo.

Los entarimados al secarse se contraen, dando lugar a que penetre el polvo por las hendiduras que dejan libres las juntas. Cuando el entarimado se ha contraído totalmente, se pueden rellenar las juntas con un mástique compuesto de esencia de trementina, resina, cera y aserrín de madera muy fino—de encina, por ejemplo, u otro de naturaleza parecida a la del entarimado de que se trata.

DECORACIÓN PLÁSTICA

Generalidades acerca de la escultura.—De un modo general, se designa con la palabra *escultura* el arte que tiene por objeto representar, en forma plástica, una figura o un ornamento cualquiera.

La escultura se vale de los siguientes medios de ejecución: *talla con el cincel,* cuando se trata de materias duras como la madera, el marfil, el mármol, etc.; *modelado,* para las substancias blandas, como son la cera o la arcilla húmeda; *vaciado,* que permite reproducir en relieve las formas de un molde hueco y mediante el cual se obtienen figuras con metales en fusión o con materias hechas suficientemente líquidas por adición de agua.

Considerada desde el punto de vista de los objetos que representa, la escultura toma diferentes denominaciones: cuando se aplica a la reproducción de seres animados toma el nombre de *estatuaria;* si toma por modelo plantas u objetos inanimados se denomina *escultura de ornamentación;* si representa los seres u objetos vistos por todas sus caras constituye la *escultura propiamente dicha;* si los muestra solamente destacados sobre un fondo, con más o menos saliente, se llama *escultura en relieve.*

Estatuaria u ornamental, la escultura es un precioso recurso que tiene el arquitecto para la decoración de los edificios.

Escultura en piedra.—Al aparejar las obras de sillería de una construcción, se deben tener en cuenta las masas de piedra, necesarias para las estatuas u ornamentos que se proyecten. Se deja siempre una cantidad de piedra mayor que la necesaria desbastando groseramente la masa y—cuando los trabajos de retundido están bastante avanzados, de modo que no sean de temer accidentes—el escultor, que previamente ha preparado el modelo en yeso, procede a tallar la escultura. Para ello, en puntos determinados y correspondientes a otros elegidos en el modelo, perfora con una broca orificios cuya profundidad marca el sitio donde hay que detenerse al efectuar la talla. Para obtener la profundidad de estos agujeros se fija a cierta distancia del modelo una superficie representada por una plomada, desde la cual se miden las profundidades. Una vez desbastada la piedra hasta la profundidad de los agujeros, lo cual da ya la forma de conjunto que tendrá el objeto, viene el escultor a terminar la obra.

No se hacen modelos de yeso más que para las esculturas de cierta complicación, pues la ornamentación ordinaria se traza y ejecuta directamente sobre la piedra.

Alfarería decorativa.—Puede prestar buenos servicios en la decoración de los edificios. En las construcciones de armazón metálica se emplea en forma de paneles (esmaltados o no) para rellenar los huecos que quedan entre los elementos resistentes. Hemos de llamar la atención de los constructores sobre la necesidad de estudiar cuidadosamente las juntas de estos elementos cerámicos con el metal; es preciso, sobre todo, procurar que el agua de lluvia salga inmediatamente

al exterior y que en ningún caso pueda alojarse en la ranura donde encaja el panel de cerámica, pues, por la rápida oxidación del hierro, se rajaría aquél.

El espesor de las piezas de barro cocido varía con las dimensiones; como que las piezas tienden a deformarse y agrietarse por la cocción, si son demasiado delgadas, es necesario darles un espesor medio de un décimo, aproximadamente, de la mayor dimensión del panel.

La colocación de las piezas de barro cocido se hace como la de los azulejos, en baño de yeso o de cemento según los casos; es necesario tomar, siempre, la precaución de mojarlas, antes de ponerlas en contacto con el yeso o con el cemento, pues absorberían el agua de ellos con detrimento de la buena adherencia.

Staff.—Es una composición de creta fina, yeso de modelar muy fino y estopa, consolidado todo con una armadura interior de madera.

Después de preparado y engrasado el molde, para evitar la adherencia, se le da una ligera mano de yeso, después se extiende una capa de estopa que se aprieta con la mano, cubriéndolo con yeso y colocando, en los sitios donde hace falta asegurar la rigidez, listones de madera, que constituyen la armazón y que se entrecruzan y ligan con alambre de hierro.

Con staff se hacen grandes molduras, adornos para techos y perfiles de todas clases. Aunque muy rígidas, estas aplicaciones son extremadamente delgadas y, por lo tanto, muy ligeras.

Para montar las piezas, se humedece ligeramente el adorno, se aplica y se clava, empleando clavos galvanizados; otras veces, cuando se sabe el sitio que va a ocupar el adorno, se introduce un clavo en el techo o en el muro y se ata a él por medio de un alambre de hierro que se envuelve con una ligadura de cáñamo que se ha mojado con yeso, después se clava. El sistema de sujetar la armadura de staff al clavo, no puede practicarse más que si se trata de un perfil ordinario cuyo interior quede visible y libre para meter las manos; en el caso contrario hay que fijar la moldura o el adorno por medio de clavos galvanizados.

Las molduras, cornisas, etc., se hacen en trozos de pequeña longitud, que se unen y acuerdan entre sí con yeso, después que todo está bien seco; se termina el trabajo lo mismo que si se tratara de un perfil de piedra.

Hemos ejecutado con staff cornisas de 90 cm de altura y artesones de 10 cm de lado que han dado excelentes resultados, conservándose perfectamente rígidos. Creemos que se puede calcular, para un techo muy cargado, una sobrecarga de 10 a 12 Kg/m^2.

Cartón-piedra.—Es una composición hecha con pasta de papel, cola fuerte, arcilla y creta, materias a las que se agrega a menudo

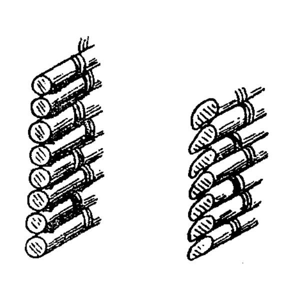
el aceite de linaza. Los adornos de cartón-piedra se fijan por medio de clavos galvanizados; las uniones se hacen con una pasta de la misma composición si están colocados en el interior, y si se fijan en el exterior con un mástique compuesto de aceite de linaza, blanco de cerusa y creta.

Las pastas que se emplean en la confección de rosetones y ornamentos diversos se moldean a mano; el moldeador aprieta con fuerza la materia en los moldes y hace que se extienda en todos sentidos, introduciendo en la misma un alambre delgado que enlaza todas las partes delicadas de estos adornos.

La colocación se hace lo mismo que para el staff: se empieza por trazar los ejes y se ponen, entonces, en su sitio los ornamentos que se habrá procurado conservar ligeramente plásticos. Se fijan con clavos de zinc y se hacen las uniones con pasta de la misma composición.

PERSIANAS, TOLDOS

Persianas. — Si están destinadas a obtener una temperatura fresca, deben colocarse en el exterior, por las razones de diatermancia que hemos indicado en las páginas 216 y 580. Cuando se colocan en el interior, su función es solamente la de impedir el paso de la luz y de los rayos visuales. Se hacen de madera, componiéndose de junquillos redondos, de unos dos milímetros de diámetro y tejidos con hilos fuertes (fig. 1599); también pueden ser de varillas de sección alargada, de modo que cada una recubra a la siguiente (figura 1600). Cuando la persiana se coloca en el cerco del vano, se emplean las de doble cordón (fig. 1601); el rollo se forma por debajo y va a alojarse en la parte superior en el dintel, donde generalmente se disimula por un guardapolvo calado (figs. 1613 y 1614). A veces, en vez de dejar flotando la persiana, se guía con alambres o varillas de cobre o de hierro galvanizado en toda su carrera; las varillas se mantienen tensas por medio de tornillos. Esta clase de persianas pueden colocarse en el marco o en saliente respecto al mismo, pero en este último caso—que tiene la ventaja de impedir en absoluto la entrada



Figs. 1599 y 1600. Varillas de persiana.

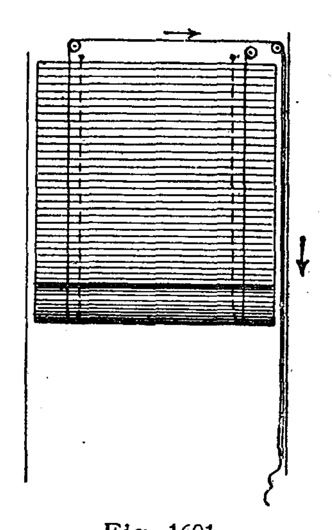


Fig. 1601. Persiana de doble cordón.

de los rayos solares—es preciso formar un guardapolvo en saliente, es decir, una verdadera cubierta.

Otras veces las persianas están formadas por una serie de tabletas de madera o de palastro, dispuestas paralelamente y mantenidas a cierta distancia unas de otras por medio de cadenillas. El conjunto de la persiana pende de una tableta, móvil alrededor de un eje horizontal (fig. 1602) y cuyo movimiento comunica a las láminas la misma inclinación, de modo que se pueda mirar entre las láminas, bien hacia arriba o hacia abajo, o también ponerlas en contacto cerrándolas completamente.

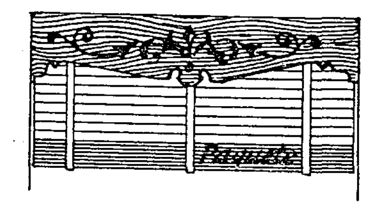


Fig. 1602. — Persiana.

Los cordones de maniobra pasan sobre poleítas fijadas en la tableta superior, atraviesan todas las láminas y permiten subirla o bajarla. Los vanos provistos de persianas llevan siempre un guardapolvo de madera o de metal calados, destinado a ocultar el paquete de láminas que se forma cuando la persiana está levantada.

Las construcciones envidrieradas, por ejemplo los invernáculos, se caldean excesivamente en verano, cuando el sol da directamente sobre ellos. Para atenuar este efecto, se emplean persianas construídas con tablillas de sección rectangular de 19 $\times$ 5 mm, unidas entre sí por tiras de cadenilla metálica.

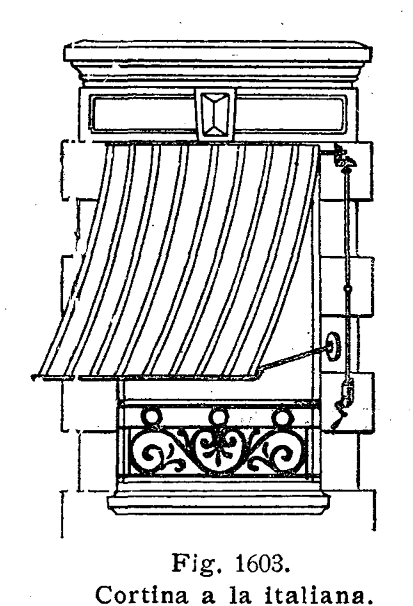


Fig. 1603.
Cortina a la italiana.

Cortinas.—Son de lona o de cualquier otra tela: su disposición es bien conocida. Las llamadas *a la italiana* tienen la disposición que indica la figura 1603. Permiten la vista y preservan de los rayos solares.

Cuando se trata solamente de ventanas de dimensiones ordinarias, puede maniobrarse por medio de cuerdas, pero cuando los vanos son demasiado grandes, se accionan por el intermedio de un manubrio.

Cortinas de las tiendas.—Son de gran tamaño; son siempre de lona y se arrollan en un rodillo colocado debajo de la muestra o de la cornisa. El saliente de estos toldos está regulado por las ordenanzas municipales de las poblaciones. Por ejemplo, en París, el vuelo es de 1,50 m en las aceras que tengan menos de 5,00 m de ancho; 2,00 m en las que tengan de 5,00 a 8,00 y 3,00 m cuando la acera tiene más de 8,00. De ordinario no se consienten más que en la planta baja y sus piezas más bajas deberían estar a 2,50 m, cuando menos,

sobre la acera. Claro es que esto dicen las ordenanzas, pero recorriendo muchas poblaciones importantes es posible comprobar la tolerancia de los municipios en esta cuestión.

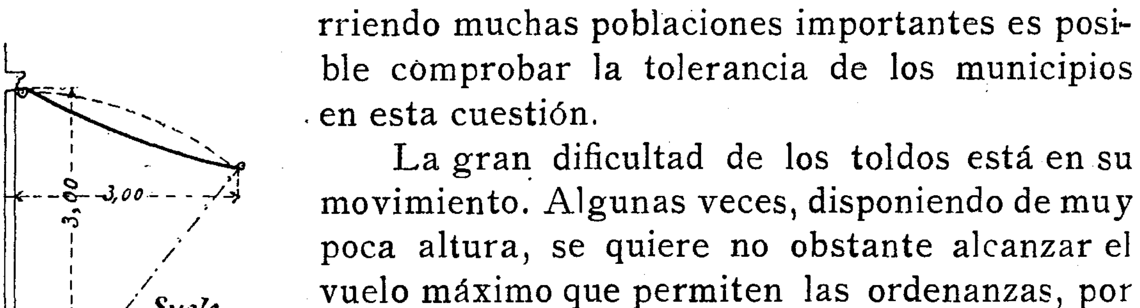
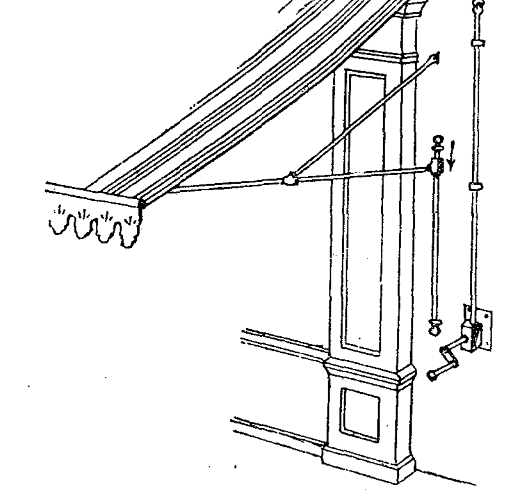


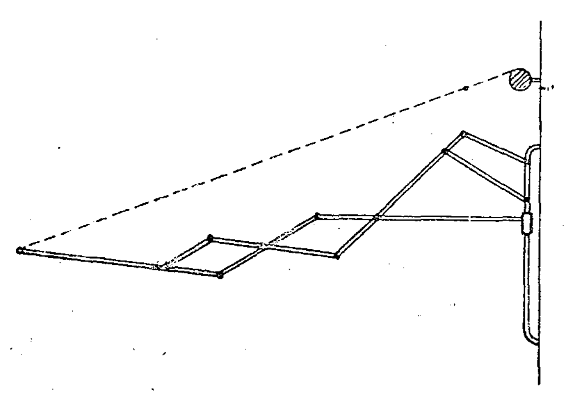
Fig. 1604. Esquema de una cortina de tienda.

La gran dificultad de los toldos está en su movimiento. Algunas veces, disponiendo de muy poca altura, se quiere no obstante alcanzar el vuelo máximo que permiten las ordenanzas, por ejemplo el de tres metros. En tal caso el brazo (véase la figura 1604) debería estar articulado a más de tres metros por debajo del rodillo, es decir, en la generalidad de los casos debajo del suelo, lo cual sería un obstáculo para la circulación. Así pues, este sistema de brazo simple no conviene más que para salientes pequeños y cuando el piso tiene gran altura. De lo contrario y si se quiere aprovechar el máximo de vuelo, se recurre al sistema de corredera (figura 1605) que permite—por un doble movimiento — la traslación del centro de la curva descrita por la cortina al subir.


Fig. 1605. — Mecanismo para levantar y bajar la cortina de una tienda.

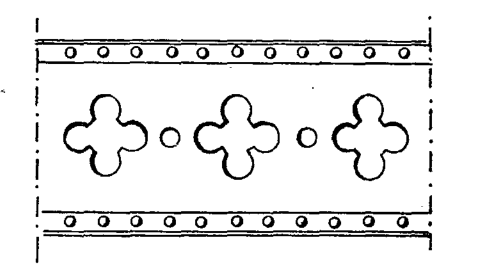
También se hacen grandes cortinas movidas por medio de paralelogramos articulados (fig. 1606) que permiten alcanzar salientes hasta de seis o siete metros.

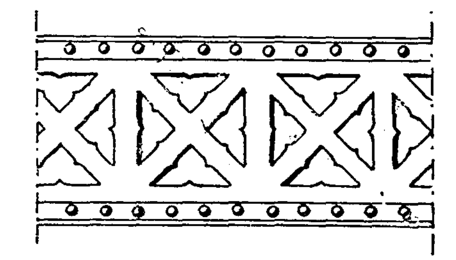
Toldos. — Los toldos son cortinas horizontales y se hacen también de lona. Para grandes superficies, en los circos por ejemplo, los toldos están sostenidos por medio de cuerdas tendidas que impiden el pandeo de la tela. Para cubrir áreas pequeñas, los toldos son de poca anchura y montados sobre varillas horizontales por las cuales deslizan mediante anillas. Cuando se quiere disfrutar de claridad completa, se corre el toldo que forma paquete en uno o en los dos extremos. Se hacen toldos lisos o plisados según el grado de riqueza que se quiere obtener.


Fig. 1606. — Mecanismo de ballesta para cortinas de tienda.

MADERAS Y METALES CALADOS

Metales calados.—Hace medio siglo, aproximadamente, que se comenzó a aplicar el aserrado mecánico a los metales, industria que ha tomado después un gran incremento.





Figs. 1607 y 1608.—Viguetas decorativas de alma calada.

En construcción, los metales calados (palastro o zinc) tienen principalmente una misión decorativa. Una cercha o una viga se puede adornar perfectamente con calados que si se estudian bien, situándolos cerca de la fibra neutra, apenas disminuyen la resistencia de la pieza. Cuando el palastro es grueso, resulta más barato emplear un punzón pequeño para calar



Fig. 1609.—Frontón de chapa recortada con sierra.

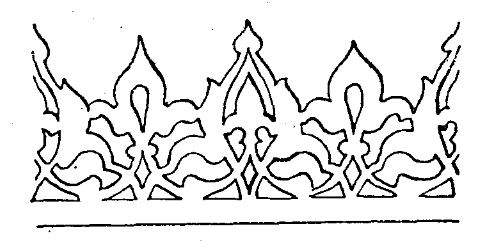


Fig. 1610.
Crestería de chapa recortada con sierra.



Fig. 1611.
Friso de chapa recortada con sierra.

el alma, con el cual se resiguen los bordes del dibujo. Véanse las figuras 1126 a 1134 (páginas 380 y siguientes) y también las figuras 876 a 879 (página 310); aparte de ellas, añadimos aquí los ejemplos de las figuras 1607 y 1608.

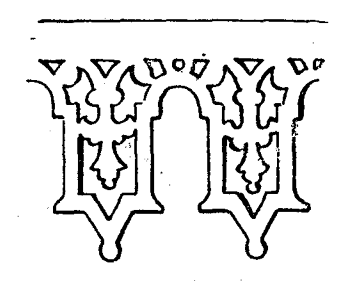
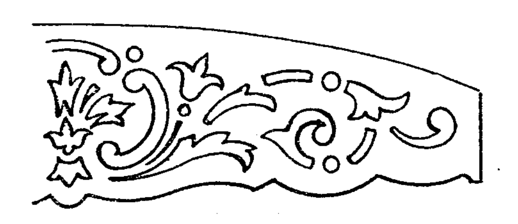


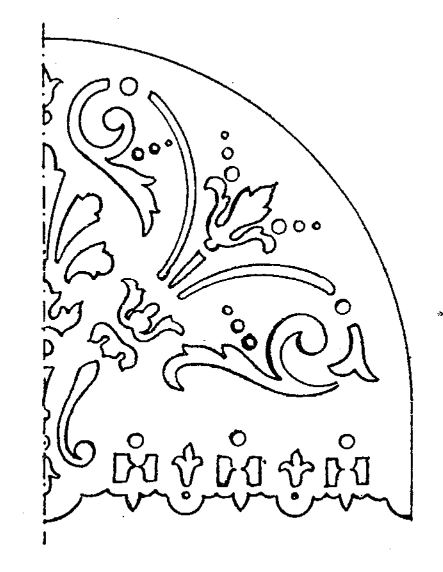
Fig. 1612.
Lambrequín de chapa recortada con sierra.

Las figuras 1609 a 1623 constituyen otros tantos ejemplos de la ornamentación que se puede obtener—mediante el recortado con la sierra—en chapa de palastro o de zinc.

Todos los modelos que acabamos de dar pueden realzarse por medio de forjado, como ocurre, por ejemplo, en la figura 1622.

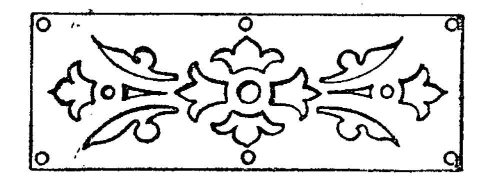
Maderas caladas. — En el comercio se encuentran maderas caladas, con dibujos parecidos a los que hemos visto al tratar de los metales, tal como representa la figura 1624. A estos modelos se les puede reprochar el que, aun estando bien dibujados, no siempre

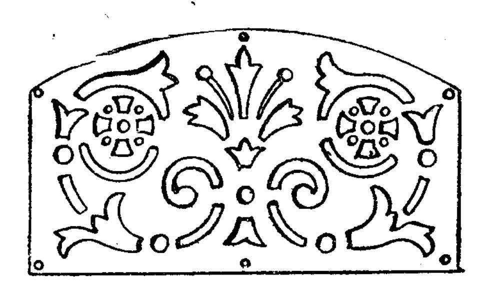




Figs. 1613 y 1614.—Pabellones de sobreventana; chapa recortada con sierra.

se tiene en cuenta la conveniencia de no cortar las fibras de la madera; así, dibujos excelentes para el palastro son defectuosos para la





Figs. 1615 y 1616. — Tragaluces de chapa recortada con sierra, para sótanos: efecto decorativo excelente, iluminación y ventilación suficientes, menos peligro que en las rejas de que se introduzcan objetos extraños.

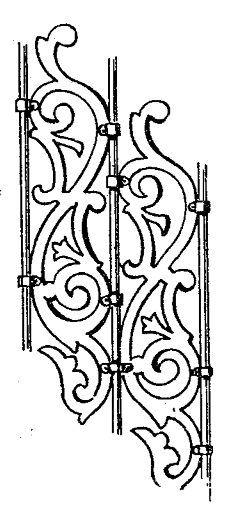


Fig. 1617. — Relleno de chapa recortada, para los huecos entre barrotes de una barandilla.

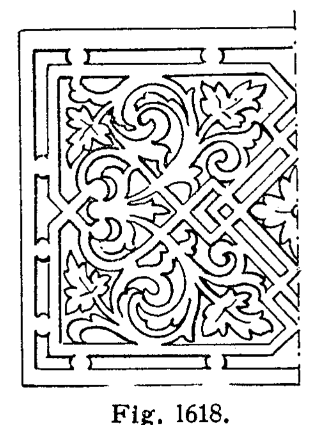


Fig. 1618. Panel de chapa recortada con sierra.

madera (figuras 1624 y 1625).

Claro es que no se puede combinar un dibujo que no corte las fibras de la madera, pero sí es posible, por lo menos, aproximarse bastante a dicha condición, con un poco de cuidado.

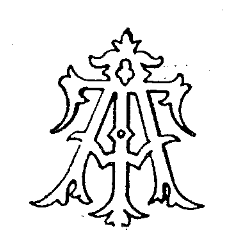


Fig. 1619.--Iniciales de chapa recortada.

En Noruega, en Suiza y en Rusia se da a la madera calada un carácter propio de que suele carecer entre nosotros. En Suiza, la madera más bien se perfila que se cala, pues esto último, en realidad, no puede convenir más que para tablas delgadas, mientras que los maderos empleados en la

construcción tienen, cuando menos, dos pulgadas de espesor, en general.

En la época del esplendor de los calados, hacia el siglo XVII, los perfiles eran sencillos y hasta algo primitivos; esto era debido a que el dibujo lo hacía el mismo artista que después tallaba la pieza, cuya única guía era su gusto personal y el recuerdo de trabajos ya ejecutados y concebidos también en las mismas condiciones; así, abundan

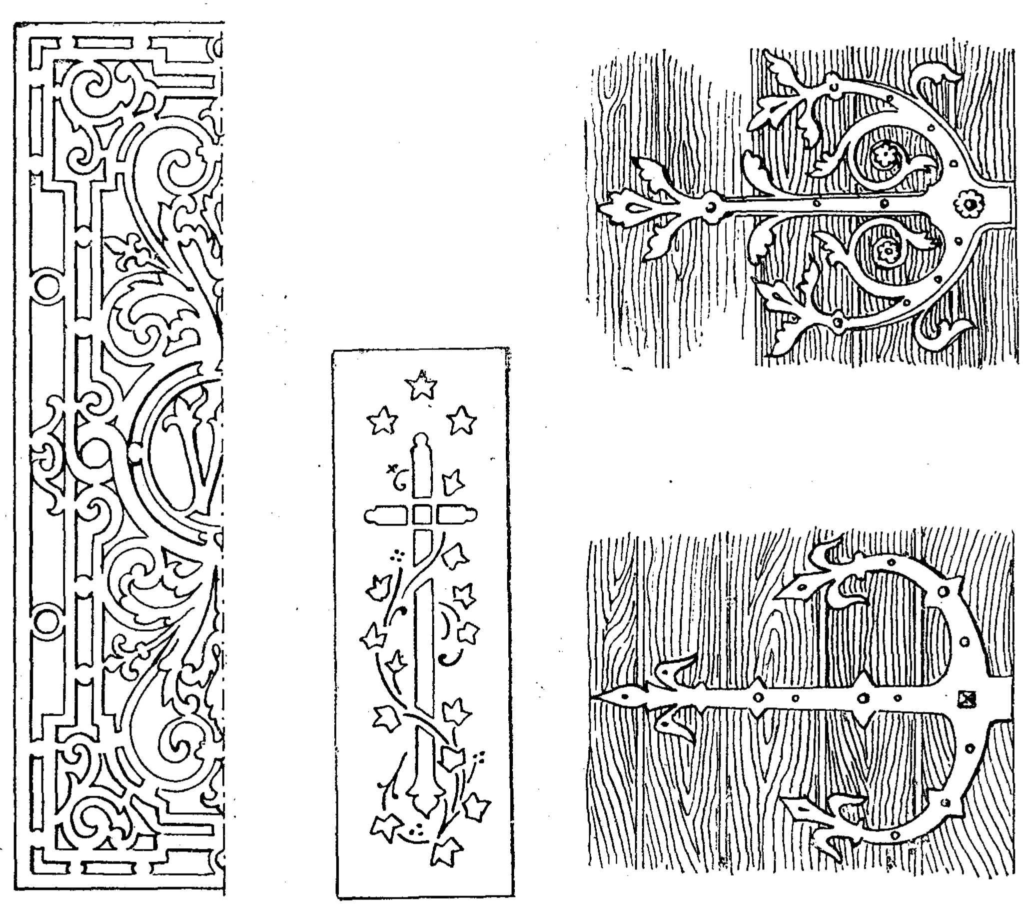


Fig. 1620.—Panel de chapa recortada para puerta (en lugar de los de fundición indicados en la figura 1312).

Fig. 1621.—Puerta de chapa para panteón, con ornamentación calada.

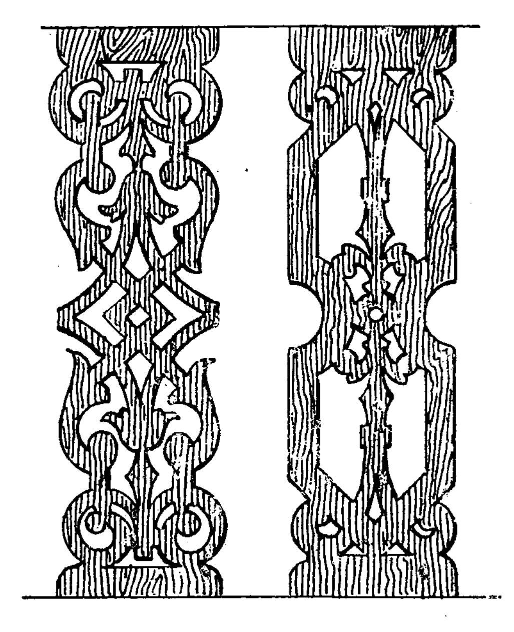
Figs. 1622 y 1623.—Pernios decorativos de chapa recortada, para puertas.

las repeticiones y una simetría en el detalle, que el carpintero se ha guardado de respetar en el conjunto.

Los calados penetran poco para no dar fragilidad a la pieza (figura 1626) y, si el dibujo es complicado, se ensamblan varias piezas colocando las fibras de cada una en el sentido conveniente para la resistencia y de modo que respondan a las exigencias del dibujo (figura 1627). Para evitar la monotonía de las superficies lisas, se completa la decoración con trabajos de talla y con chaflanes (véanse las figuras 612 y 642, por ejemplo).

En Rusia, se hacía el calado de las maderas a mano, con la segueta y con el cincel; el obrero eslavo, antes de trazar un dibujo dado, se preocupaba del sentido de las fibras; así, por ejemplo, para

una cresteria compuesta de merlones, los haría separadamente y los ensamblaría sobre una pieza transversal (fig. 1628). La naturaleza misma del trabajo implica una diferencia muy acentuada, con rela-



Figs. 1624 y 1625. — Balaustres de madera calada; dibujos inadecuados para el material.

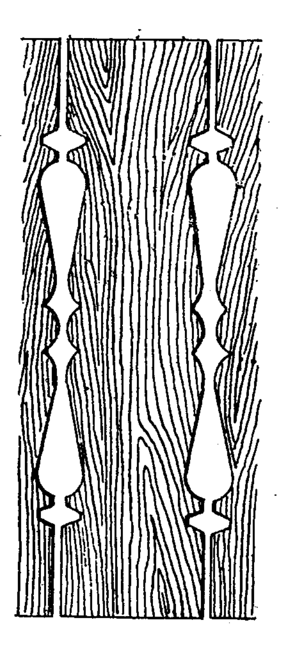


Fig. 1626.—Balaustres de madera calada; dibujo conveniente.

ción a los calados que se emplean en Occidente, pues el artista abandona de buen grado la segueta para emplear el cincel. Resulta de esto que, casi todos los calados, se complican con ornamentos tallados

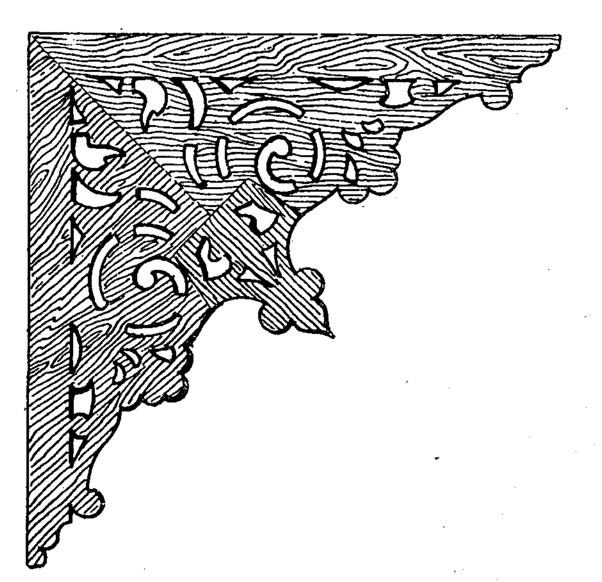


Fig. 1627. — Ménsula de madera calada, compuesta de tres piezas ensambladas para mejorar sus condiciones de resistencia.

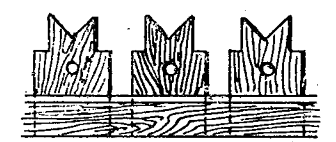


Fig. 1628. — Cresteria de madera recortada.

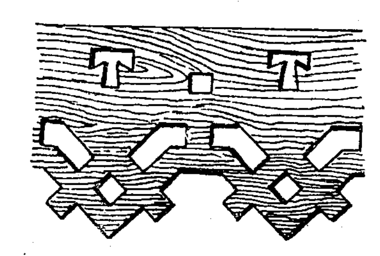


Fig. 1629. — Lambrequín de madera recortada y calada; dibujo defectuoso para el material.

que tienen la ventaja de animar las superficies lisas que contornean los calados. Esta manera de tratar la madera se encuentra en todos los pueblos que han sido o son todavía pastores, y de ello se encuentran vestigios en los objetos más ínfimos; sabido es que no hay

pastor que no se complazca en grabar su palo con sinfín de dibujos que reproducen sus ideas y afectos. No obstante, la fantasía lleva algunas veces al obrero ruso a hacer calados tan defectuosos como los nuestros, como se ve en la figura 1629. Los constructores rusos acostumbran terminar los piñones de la cubierta con una madera



Fig. 1630. — Crestería de arte ruso.

de poco espesor, calada y tallada en toda su longitud, pero terminando arriba y abajo con una decoración especial, cuyo detalle representamos en la figura 1630. Esta ornamentación es tomada de un arte muy ruso también, del de los bordados; los carpinteros no emplean más que el calado y la talla, pero el conjunto es de un efecto excelente, merced a los vivos colores: rojo, verde, amarillo y azul que destacan los diversos motivos.

CAPÍTULO XV

Instalaciones de gas y de electricidad

Alumbrado por gas. — Contador: dimensiones de los contadores de gas; medios para impedir la congelación del agua.—Acometida.—Tuberías.—Aparatos.—Mecheros.
Timbres. — Timbre eléctrico. — Cuadros indicadores.—Pila. — Instalación de los timbres. — Timbres de aire.
Telefonía.—Teléfono Bell.—Teléfono Ader. — Teléfonos de pila: transmisor Edison, micrófonos, transmisor ordinario. — Estación telefónica. — Centrales telefónicas. — Tubos acústicos.
Alumbrado eléctrico. — Motor — Dinamo.—Acumuladores.—Conductores.—Cortacircuitos.— Interruptores.—Lámparas: lámparas de arco; lámparas incandescentes.
Pararrayos. — Generalidades sobre la electricidad atmosférica. — Teoría del pararrayos.— Zona de protección. — Instalaciones de pararrayos: barra, toma de corriente, conductor, circuito de caballetes.

ALUMBRADO POR GAS

Contador. — Se coloca a la entrada del tubo de derivación en la finca, cuando el edificio pertenece a un solo abonado, o después de la toma en el tubo de subida, si hay en el mismo varios abonados, como sucede en una casa de alquiler.

El contador es un aparato que sirve para medir las cantidades de gas que lo atraviesan: es un instrumento completamente cerrado, con un tubo para la entrada del gas y otro para la salida. En su interior existe una rueda, llamada volante, de un diámetro determinado y hueca en su interior, bastante parecida en conjunto a la caja de un tambor. Interiormente, la rueda está dividida en compartimientos, dispuestos de tal modo que se llenan y vacían sucesivamente; esta rueda va sumergida en agua hasta cierta altura, lo cual impide que los compartimientos comuniquen entre sí.

Cuando el gas se introduce en el aparato, encuentra fuera del agua la abertura de uno de los compartimientos, en el que penetra, llenándolo y — como que los tabiques están dispuestos en hélice, de tal modo que la abertura de salida está sumergida en el lado opuesto — el gas, por su fuerza de impulsión, hace girar el volante para liberar la abertura de salida y evacuarlo; en el instante en que se vacía el primer compartimiento se llena el segundo y así sucesivamente mientras el gas circula, cuando las llaves de los mecheros están abiertas. Si todas las llaves están cerradas, el gas no tiene salida y el volante no gira.

Si cada compartimiento presenta una capacidad determinada y el eje del volante, al girar, comunica su movimiento a un mecanismo de relojería, se comprenderá que la marcha de la aguja del cuadrante indicará las cantidades consumidas durante el tiempo que ha estado encendido el alumbrado.

Este mecanismo es muy ingenioso, pero, para que la medición del gas sea constantemente exacta, es necesario que el agua se conserve en su nivel normal.

Para echar agua, hay que quitar el tapón superior, el inferior y el lateral: se echa entonces el agua por el orificio de arriba hasta que salga por el lateral, lo que indica que se ha llegado al nivel fijado, y se vuelven a poner en su sitio los tres tapones. Durante estas operaciones es indispensable que esté cerrada la llave de llegada del gas y abierta la de salida. Es necesario abrir dos o tres mecheros, para permitir la circulación del aire durante el relleno.

DIMENSIONES DE LOS CONTADORES DE GAS

Número de mecheros que puede alimentar el contador	Volumen de gas consumido a 100 revols. m³/hora	Dimensiones máximas			Diámetro de los empalmes mm	Volumen de agua a nivel normal litros
		Ancho m	Altura m	Profundidad m		
3	0,42	0,30	0,35	0,25	13	6
5	0,70	0,39	0,42	0,27	20	10 1/2
10	1,40	0,45	0,50	0,33	25	20
20	2,80	0,52	0,61	0,40	30	38
30	4,20	0,60	0,69	0,47	37	65
40	5,60	0,68	0,78	0,49	43	75
60	8,40	0,75	0,80	0,65	43	115
80	11,20	0,82	0,88	0,68	50	143
100	14,00	0,87	0,93	0,70	50	190
150	21,00	0,95	1,00	0,85	55	224
200	28,00	0,95	1,05	1,15	80	450
300	42,00	0,95	1,15	1,35	100	650
400	56,00	0,95	1,25	1,40	125	800
500	70,00	0,95	1,36	1,50	150	1050

MEDIOS PARA IMPEDIR LA CONGELACIÓN DEL AGUA. — Algunas veces sucede, en invierno, que el agua contenida en el contador se congela, si no se toman precauciones, y entonces el contador deja de funcionar no pudiendo consumirse gas. Lo único que se debe hacer, entonces, es avisar a la compañía o a un experto que son los únicos que pueden tomar las medidas necesarias para que se restablezca el alumbrado. El procedimiento generalmente empleado en tales circunstancias consiste en rodear el contador de trapos viejos y echar encima de ellos agua caliente, operación larga que las disposiciones del local no siempre permiten emplear.

Para evitar este contratiempo, es mejor tomar algunas precau-

La tubería se dispone según las exigencias especiales que impongan la planta del local y las necesidades del alumbrado. Al contador se empalma un tubo de gran diámetro, el cual irá disminuyendo a medida que el tubo se aleje, tanto en sentido vertical como en el horizontal. Todos los conductos secundarios parten de éste y tienen injertados otros tubos de menor diámetro. Cuando el tubo de plomo ha llegado al sitio donde se quiere colocar el mechero, se fija al muro por medio de yeso un taco de madera al que se atornilla un raccord de cobre o de bronce que, por una parte, se suelda al extremo del tubo de plomo y, por otra, se une al aparato o mechero en cuestión.

Los tubos de plomo se unen, entre sí, por medio de soldaduras.

Sucede con frecuencia que hay necesidad de encorvar los tubos o de hacerlos descender para elevarlos después; en estos dos casos, hace falta siempre una purga (vulgarmente llamada sifón) en el punto más bajo, para poder evacuar los productos de la condensación.

Los contadores de tres, de cinco y de diez mecheros son los tamaños que se emplean generalmente en las casas de alquiler, alimentando columnas de subida, de plomo, de 40 ó de 50 mm de diámetro. Para la alimentación de un calientabaño, se requiere un tubo de plomo de 20 mm de diámetro interior, y uno de 16 mm aproximadamente para un calorífero ordinario de gas. En la práctica pueden adoptarse los diámetros siguientes:

Contador de 5 mecheros

Entrada de gas en el contador	tubo de	20	mm	de diám.	inter.
Salida del contador	»	16	»	»	»
Distribución a los mecheros	»	13 y 10	»	»	»

Contador de 10 mecheros

Entrada en el contador	tubo de	25	mm	de diám.	inter.
Salida del contador	»	18	»	»	»
Distribución a los mecheros	»	13, 10 y 7	»	»	»

Contador de 20 mecheros

Entrada en el contador	tubo de	30	mm	de diám.	inter.
Salida del contador	»	27, 20 y 16	»	»	»
Distribución a los mecheros	»	13, 10 y 7	»	»	»

Contador de 30 mecheros

Entrada en el contador	tubo de	40	mm	de diám.	inter.
Salida del contador	»	35, 30, 25 y 20	»	»	»
Distribución a los mecheros	»	13, 10 y 7	»	»	»

Aparatos. — El aparato más sencillo es la llave para tubo de goma, que sirve para conducir el gas a una lámpara, a una estufa o a un hornillo. Después vienen las *rótulas*, simples, dobles o triples,

ciones que vamos a indicar. La primera y más sencilla es la de revestir el contador con una envolvente aisladora, una funda de fieltro por ejemplo, que proteja al contador contra el frío sin estorbar las exigencias del servicio. Otras veces, como que el contador suele estar colocado en un nicho o caja, bastará rodearlo con una espesa capa de paja o de heno, pero si el contador está al descubierto, es preferible mezclar el agua que contiene con una substancia que evite su congelación, por ejemplo: agua salada, agua mezclada con alcohol o, finalmente, una mezcla de agua y glicerina.

El empleo de agua salada no siempre es eficaz, por lo que se prefiere generalmente el alcohol, aunque éste tiene los inconvenientes de su precio bastante elevado, de necesitarse medio litro de él por cada mechero de capacidad del contador y, además, el de evaporarse fácilmente, de modo que el nivel normal se altera con perjuicio de la exactitud del aparato; todo ello sin contar con que el alcohol puede ejercer una acción perjudicial sobre los metales.

1 litro	de alcohol	mezclado	con	20	de agua	se congela a	— 2°
1	»	»	»	10	»	»	— 5°
1	»	»	»	5	»	»	— 8°
1	»	»	»	3	»	»	— 11°

Medio litro de alcohol, por mechero, protege hasta 15° centígrados bajo cero, por lo menos.

Pero todas estas mezclas son innecesarias, si se tiene la precaución de revestir el contador con una envolvente aisladora o de rodearlo con una capa de heno, paja, etc., medios menos costosos.

Los contadores se fijan, con cemento, sobre tablillas sostenidas por dos ménsulas pequeñas de hierro o de fundición. Un manómetro colocado en el contador permite comprobar las fugas que haya en la canalización. El contador deberá colocarse, siempre, a un nivel inferior que los aparatos del alumbrado y la canalización debe establecerse con alguna pendiente, para que el agua condensada en los tubos vierta en el contador.

Acometida. — En las casas de alquiler, la acometida se empalma directamente al tubo de distribución de la compañía; del tubo de acometida derivan los diferentes ramales que alimentan el servicio de alumbrado y de calefacción en cada cuarto.

Tuberías. — Pueden ser de hierro dulce; el comercio facilita *codos, reducciones,* piezas en T y en +, etc. El plomo es un metal contra el cual no tiene el gas ninguna acción química, por lo que también es conveniente para las tuberías de gas, sobre todo para diámetros pequeños, teniendo además la ventaja de la facilidad con que se presta a ser doblado para salvar todos los rincones, obstáculos, etc.

según que tengan uno, dos o tres movimientos; los *brazos* que se emplean en los corredores, escaleras, etc., las *liras,* con o sin pantalla, que sirven para el alumbrado de cocinas, oficinas, etc.

Mecheros.—Para elegir un mechero es necesario tener en cuenta la presión de que se dispone y la calidad del gas.

Cuanto más rico en carbono es un gas, menos densidad tiene y más pequeño debe ser el orificio de salida. Cuando el gas es rico en carbono, la mayor intensidad luminosa la da el mechero de orificio o de cola de pescado; en el caso contrario, es decir, cuando el gas es pobre en carbono, el máximo rendimiento se consigue con el mechero de mariposa.

Se emplean, además, gran número de mecheros especiales que presentan cada uno cualidades particulares; en la imposibilidad de describirlos todos, pasaremos someramente revista a los más característicos.

Los mecheros más empleados para el alumbrado particular son los de doble corriente de aire con chimenea, que se aproximan al tipo Bengel o al Argand; su rendimiento es de 105 litros por hora y por bujía-carcel.

Los mecheros de mariposa son también muy usados, principalmente en cocinas, escaleras, corredores, etc., es decir, en locales secundarios donde no se requiere la intensidad de alumbrado que en una oficina o en un comedor; consumen unos 140 litros de gas por hora y por bujía-cárcel.

Los mecheros-bujía se colocan, principalmente, en las arañas de comedores y salones como complemento del mechero central; tienen mal rendimiento: 200 litros por bujía-carcel y hora.

Finalmente, debemos mencionar los mecheros de recuperación con llama horizontal como son los tipos Wenham, Danichewski, Cromartie, etc., cuyo consumo oscila solamente entre 35 y 50 litros por bujía-carcel y hora, según el calibre. Presentan además la ventaja de poder utilizarse para la ventilación del local; la Compañía Parisiense ha hecho, referente a esto, un experimento práctico muy concluyente, demostrando que no sólo se evacuan por completo los productos de la combustión, sino que además el calor despedido por el gas permite la obtención de un tiro suficiente para renovar completamente el aire en un tiempo determinado. El sistema consiste en montar las lámparas debajo de unas vigas fingidas, colocadas a lo largo del techo y que forman un canal de evacuación. Este canal está en comunicación directa con las chimeneas de las lámparas; de otra parte, aspira, por un tubito que desemboca en el techo, el aire de las capas superiores que son, naturalmente, las más clientes. El aire fresco se introduce por las juntas de las ventanas...

Se construyen, en la actualidad, otros mecheros que utilizan

directamente la luz de ciertos cuerpos en incandescencia. En ellos, el gas no interviene más que como agente de calefacción y, por lo tanto, debe mezclarse con un exceso de aire—como en los hornillos de cocina y en los mecheros Bunsen—para producir su máximo rendimiento térmico. La dificultad está en encontrar cuerpos que puedan ponerse al rojo blanco muy rápidamente y que, además, no se oxiden ni se disocien por el calor. En el *mechero Sellon* se emplea una mecha de tela de platino iridiado; el *mechero Clamond* perfeccionado lleva una corona de magnesio suspendida debajo de un recuperador de calor, análogo al de las lámparas de recuperación; ambos mecheros tienen un buen rendimiento, pero su conservación es cara. El *mechero Auer,* por el contrario, es de funcionamiento muy satisfactorio; se compone de un mechero — donde arde una mezcla de un volumen de gas y 2,88 volúmenes de aire—y de un manguito tejido que se pone incandescente. El manguito es de algodón de buena clase, tejido formando tubo continuo en telares parecidos a los de hacer género de punto; este tubo se corta en trozos de 15 cm de largo, que se refuerzan en uno de sus extremos con un trozo de tul y se sumergen primeramente en una solución amoniacal, después en otra muy diluída de ácido clorhídrico y, por último, en agua destilada. Se introducen, después, en una disolución incolora de nitratos de metales pesados (torio, circonio, itrio, etc.) y, una vez bien impregnados, se sacan con guantes de caucho (precaución indispensable, pues la disolución ataca la piel). Se pasan después por un laminador de caucho, para exprimir bien el líquido sobrante, y se secan en una lámpara de gas; entonces se ligan los manguitos con un hilo de amianto, suspendiéndolos de un alambre de níquel. Se da al manguito una forma cónica, en un molde de madera, y se procede a la operación más delicada consistente en la incineración del algodón y reducción de los nitratos a óxidos. Se obtiene este resultado exponiendo el manguito, durante algunos minutos, a una llama muy caliente, producida por un chorro de gas, comprimido a la presión de metro y medio de columna de agua. El rendimiento del mechero Auer es excelente: 20 ó 25 litros por hora y bujía-carcel; desprende poco calor y vicia mucho menos el aire que los mecheros ordinarios; en cambio, es muy frágil y por esta razón hay necesidad de emplear un encendedor especial.

TIMBRES

Timbre eléctrico. — Los timbres son, en realidad, telégrafos domésticos destinados a poner en comunicación las diferentes partes de una habitación, asegurando todos los servicios.

La campanilla vibrante o timbre propiamente dicho, se debe al

físico alemán Neef; está constituída (fig. 1631) por un electroimán en el que una de las extremidades del hilo comunica con la pila, mientras que la otra se une al soporte metálico del aparato. Cerca de los polos del electroimán hay una armadura de hierro dulce terminada en su parte inferior por una varilla flexible—que sostiene un martillo destinado a golpear la campana del timbre—y sostenida en la superior al soporte metálico del aparato por un muelle. El otro polo de la pila comunica con la armadura por un simple contacto, que se interrumpe por la atracción del electroimán. Cuando no pasa corriente, la elasticidad del muelle tiende a poner en contacto la armadura con el polo de la pila.

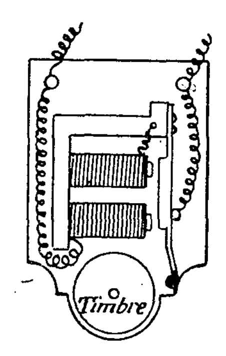


Fig. 1631.
Timbre eléctrico.

Si ahora se cierra el circuito, que es lo que ocurre cuando se oprime el botón del pulsador, el electroimán atrae la armadura, cuyo martillo golpeará sobre el timbre. Pero como la armadura, en virtud de esta atracción, habrá abandonado el contacto que la ponía en comunicación con la pila, dejará de pasar la corriente y la armadura volverá a su posición primitiva, es decir, a cerrar el circuito de la pila; entonces, pasará otra vez la corriente, habrá nueva atracción y el timbre funcionará nuevamente.

Estas evoluciones se suceden con una rapidez extremada; la sucesión de los golpes repetidos forma una serie que durará todo el tiempo que se mantenga apretado el botón.

Cuadros indicadores. — Cuando se quiere establecer un servicio común a varios empleados y domésticos, es indispensable completar la instalación de los timbres con un cuadro indicador (fig. 1632) que

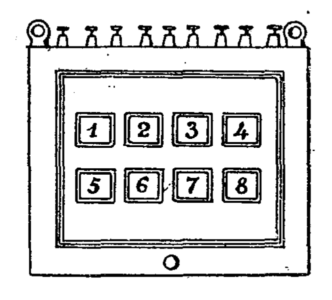
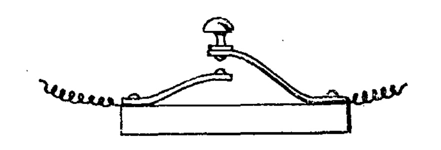



Fig. 1632.—Cuadro indicador


Fig. 1633.—Pulsador.

permita a una persona ausente conocer a su regreso que ha sido llamada.

Este aparato se basa, también, en el empleo de electroimanes. Se compone de una caja de madera, cerrada con una tapa de cristal provista de charnela. La superficie interior del vidrio está cubierta de una espesa capa de pintura, menos los pequeños cuadrados transpa-

rentes que se dejan ex profeso y detrás de los cuales deben aparecer los números. El número está grabado sobre una plaquita muy ligera fijada a una aguja imanada, móvil alrededor de un eje horizontal y mantenida en equilibrio entre los polos de un electroimán. La polaridad de éste cambia con el sentido de la corriente; la aguja imanada es, pues, atraída hacia la derecha o hacia la izquierda y el número correspondiente aparece o se oculta. Un botón, colocado debajo del cuadro, actúa sobre un contacto dispuesto como el de los botones de llamada (fig. 1633) y sirve de conmutador, haciendo que el electroimán rechace la aguja que, al volver a su posición primitiva, oculta el número.

Estos cuadros se prestan a todas las combinaciones posibles. Algunas veces, es necesario que una misma llamada se reproduzca en varios sitios a la vez, por ejemplo, en un hotel donde los criados deben ser avisados al mismo tiempo que el jefe; entonces, el mismo botón de llamada puede accionar dos cuadros colocados en sitios distintos y que den, en el mismo instante, indicaciones semejantes.

Pila. — La pila Léclanché—de peróxido de manganeso y clorhidrato amónico—es la más usada en las instalaciones de timbres eléctricos. Del sitio donde se coloque depende su duración; no debe estar expuesta ni al calor ni a la humedad, pero sí en un sitio donde circule el aire, con objeto de facilitar la eliminación de los gases que producen las reacciones químicas.

Su conservación se reduce a limpiar las placas de zinc y a agregar veinticinco o treinta gramos de sal amoníaco cuando los timbres no suenen con bastante intensidad.

Para colocar la pila en batería se procede del modo siguiente: después de haber colocado los vasos uno al lado del otro, se echan en cada uno cien gramos de sal amoníaco y agua hasta la mitad del vaso; después se coloca en el centro del primer vaso un bloque poroso de carbón, que constituye el polo positivo; luego se introduce una barrita de zinc, uniéndola al bloque de carbón del segundo vaso, y así se continúa hasta la última pila, cuyo zinc constituye el polo negativo de la batería.

Instalación de los timbres.—Se empieza por determinar los puntos más favorables para el paso de los hilos conductores, procurando que éstos queden bien disimulados, pero no expuestos a la humedad: por consiguiente, deben colocarse en los corredores, escaleras de servicio, etc., donde pueden quedar visibles sin inconveniente o se ocultan con facilidad. Debe procurarse que queden separados de las cañerías de agua, de gas y, en general, de todas las partes metálicas o, en todo caso, aislar perfectamente los hilos con caucho. Al atravesar los muros, los alambres se alojarán dentro de un tubo

de caucho, de ebonita, etc., protegido por otro tubo metálico, para preservar los conductores de todo contacto y de la humedad.

Los hilos conductores, empleados en el interior de las casas, deben ser de cobre muy puro para obtener el máximo de conductibilidad; han de ir protegidos por una materia aislante formada de un enlucido de pez, betún y goma laca, con una envolvente de seda o de algodón trenzado. Aunque, para sitios donde no haya humedad, bastaría como aislamiento el enlucido en cuestión, deben preferirse los hilos que, además, van protegidos por la capa de seda o de algodón.

Cuando hay muchos conductores juntos, se procura que la envolvente sea de distinto color, pues, de este modo, es más fácil la montura de la instalación y la comprobación de las averías.

Nunca serán bastantes las precauciones que se tomen para garantizar el aislamiento de los hilos: en el caso en que la gutapercha sea insuficiente (cuando se trata de atravesar suelos, cuando hayan de ir enterrados en el piso de la planta baja, en los sótanos, etc.) convendrá formar un cable reuniendo varios hilos, aislados entre sí, y encerrar el conjunto en un tubo de plomo con una envolvente de tela alquitranada.

Estos hilos deben quedar bien tensos y se sostienen mediante aisladores de porcelana. Los empalmes se ejecutan raspando el aislamiento de los hilos, para dejar desnudos los puntos que han de empalmarse, arrollándolos uno sobre el otro con fuerte torsión y envolviendo la juntura con una tira de gutapercha (calentada para que se adhiera al cobre) o de tela impregnada con una substancia pegajosa y aislante.

Cuando se colocan los pulsadores debe procurarse que la cabeza de los tornillos no toque los resortes o lengüetas; los conductores deben ponerse al descubierto únicamente en la parte que se coloca debajo del tornillo, para que no pueda producirse ningún contacto secundario.

El botón del pulsador no debe rozar; los resortes deben estar bien fijos y tener bastante elasticidad para abrir el circuito en cuanto deja de apretarse el botón. Cuando se emplean pulsadores de pedal en el entarimado, como sucede algunas veces en los comedores, se requiere más cuidado aún que en los otros casos. Dichos pulsadores deben ser perfectamente herméticos para que ningún cuerpo extraño pueda venir a interponerse entre los contactos; las lengüetas deben estar bien aisladas y tener mucha superficie para asegurar el contacto.

Por razones de seguridad, a menudo se colocan contactos en las puertas de las habitaciones para llamar la atención cuando se abran. Estos contactos, en general, no se utilizan más que por la noche, y durante el día—para evitar el ruido que produciría la puerta al quedar entreabierta—se corta el circuito mediante un conmutador.

Timbres de aire. — Los timbres de aire se prestan a una instalación semejante a la de los timbres eléctricos. El elemento que actúa es la presión atmosférica; los conductores son reemplazados por tubitos de plomo o de caucho que ocupan muy poco volumen y se disimulan con facilidad. La llamada se puede hacer por medio de un botón, pero más a menudo se emplean peras de caucho (fig. 1634).

TELEFONÍA

El teléfono propiamente dicho hizo su primera aparición en 1876, en la Exposición de Filadelfia. Fué inventado por Graham Bell, físico inglés naturalizado en los Estados Unidos y, aunque se han introducido perfeccionamientos después, ni la forma ni el principio fundamental se han modificado esencialmente.

Fig. 1634. Pera.

Teléfono Bell.—Dentro de una caja circular de madera, provista de un mango que contiene una barra imanada, existe un carrete arrollado al extremo de la barra. Una delgada lámina vibrante, de hierro estañado, se halla encima de la extremidad polar de la barra imanada. Esta lámina debe estar lo más cerca posible de la barra, pero sin que las vibraciones de la voz puedan llegar a ponerla en contacto con aquélla.

Teléfono Ader.—Para hacer más potente el receptor, Ader agregó una armadura suplementaria, construyendo teléfonos magnetoeléctricos con imán de forma circular que servía de empuñadura al instrumento. El perfeccionamiento principal consiste en la adición de un anillo de hierro dulce, colocado delante de la placa vibrante y llamado *sobreexcitador*.

Teléfonos de pila. — En éstos, el transmisor difiere del receptor y exige el empleo de una pila. El empleo de esta pila permite la transmisión de la voz a una distancia considerable.

Transmisor Edison. — Se compone de una boquilla de ebonita, una lámina vibrante o diafragma y un disco de carbón de 25 mm de diámetro, aproximadamente, que se puede separar o aproximar a voluntad a la lámina vibrante, por medio de un tornillo dispuesto en la parte posterior del aparato. Una placa de platino, con un botón de marfil, se aplica sobre la parte superior del disco de carbón. La corriente de una pila atraviesa el disco y de allí pasa a un receptor Bell ordinario. Las vibraciones de la voz, que el aire conduce al diafragma, se transmiten por el botón de marfil y la placa de platino al

disco de carbón; éste sufre, pues, presiones que hacen variar sincrónicamente su resistencia eléctrica y, por lo tanto, la intensidad de la corriente, variaciones que, actuando sobre el receptor, hacen que vibre su diafragma reproduciendo la voz.

MICRÓFONOS.—En 1877, Hughes hizo sus primeros experimentos con el micrófono, el cual ha sido modificado considerablemente luego, llegándose a transmitir la palabra a distancias muy grandes.

Como su nombre indica, el micrófono tiene por objeto reproducir sonidos muy débiles. Se compone de dos o más barritas de carbón, yuxtapuestas de modo que estén en contacto muy ligero; el conjunto forma circuito con una pila y un receptor ordinario (fig. 1635).

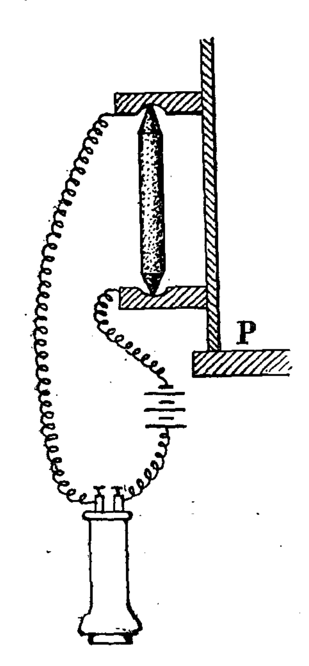


Fig. 1635.—Esquema de un micrófono.

La menor vibración en *P* se transmite a los extremos del carbón. La resistencia en los puntos de contacto pasa, pues, por una serie de variaciones que influyen sobre la intensidad de la corriente y producen vibraciones correspondientes en el diafragma receptor. Este aparato es tan sensible que, desde el receptor, se pueden percibir la marcha de un insecto, el movimiento de un reloj, etc.

Edison ha perfeccionado este micrófono de un modo que permite aumentar mucho la distancia de transmisión. En vez de enviar a la línea la corriente misma de la pila, hace pasar ésta por el hilo grueso de un carrete de inducción y transmite a la línea la corriente inducida. De este modo, el circuito inductor, que está directamente sometido a la acción del transmisor, comprende la pila, el carbón y los carretes de hilo grueso. El circuito secundario está formado por el carrete de hilo fino, la línea y el receptor.

TRANSMISOR ORDINARIO. — Está compuesto de tres placas de carbón, dispuestas paralelamente, que sostienen entre sí diez cilindros, también de carbón (de seis u ocho milímetros de diámetro); éstos terminan por sus dos extremos en pezones que penetran muy holgadamente en agujeros de las placas. Las placas extremas se unen con los polos de la pila, quedando acoplados los cilindros cinco en cantidad y dos en tensión. Todo el conjunto está montado en una lámina vibrante de madera delgada, dispuesta en forma de pupitre y formando la tapa de una caja que contiene el carrete de inducción.

Estación telefónica. — Una estación telefónica completa comprende un transmisor, como el que se acaba de describir, con su pila y su carrete de inducción, un conmutador, dos receptores (uno para cada oído), un timbre y una pila auxiliar para hacer funcionar el timbre de la otra estación. Las dos estaciones que han de comunicar

están enlazadas por una línea, debiendo llenar los aparatos las funciones siguientes: el timbre de cada una ha de sonar al llamar desde la otra; la persona llamada, aplicando el receptor al oído, debe romper la comunicación de la línea con su timbre y establecerla con su receptor; cuando ha terminado la conversación, los receptores salen del circuito y vuelven a entrar en él los timbres.

Para ello, uno de los ganchos donde se cuelgan los receptores es una palanca móvil que sirve de conmutador. Cuando el receptor está colgado, baja por su peso la palanca, cerrando el circuito del timbre y abriendo el del receptor. Cuando se descuelga el receptor, la palanca bascula, por la acción de un resorte, y cierra el circuito del receptor al mismo tiempo que abre el del timbre.

La figura 1636 representa el conjunto de la instalación. La caja microfónica está sostenida por una tablilla fijada al muro y situada a 1,20 ó 1,30 m del suelo. Sólo es móvil el gancho de la derecha que sirve de conmutador, en la forma que hemos explicado. El aparato está provisto de un pararrayos de dientes.

Estando colgados los dos receptores *R*, *R*, la estación que desea comunicar oprime el botón *B* para llamar a la otra estación y espera a que ésta conteste, haciendo sonar el timbre del que ha llamado; entonces, se descuelgan los dos receptores y se aplican en ambos oídos. Se habla delante del transmisor, manteniéndose a unos cinco centímetros del pupitre *P*, conservando siempre los receptores en el oído; cuando la conversación ha terminado, se cuelgan los receptores y se oprime el botón *B* del timbre, para indicar que se ha acabado la conversación.

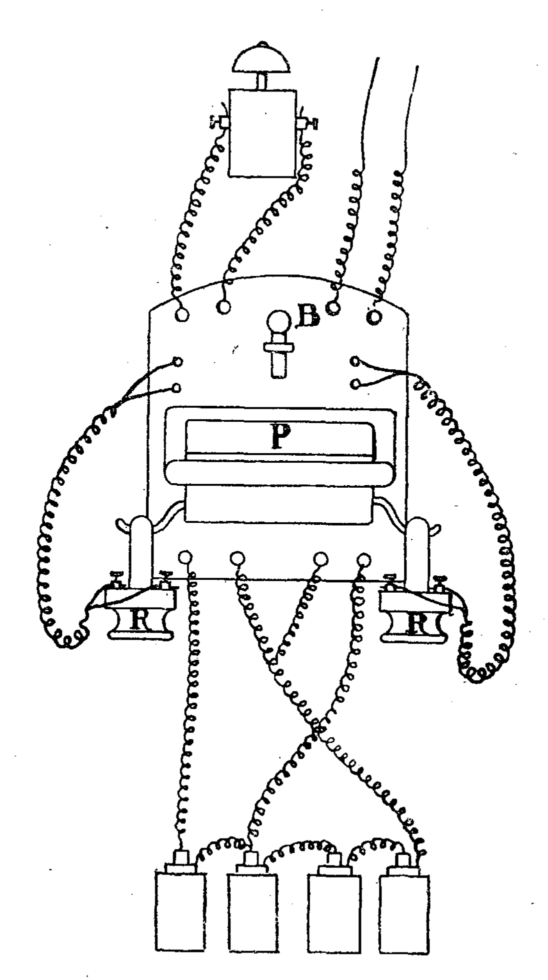


Fig. 1636.—Estación telefónica.

Centrales telefónicas.—Cuando varias personas unidas telefónicamente quieren comunicar entre sí, para evitar el número considerable de hilos que sería necesario establecer, si hubiera que poner en comunicación directa todas las estaciones, se disponen las centrales telefónicas, adonde van a parar todos los hilos.

De este modo pueden ponerse en comunicación unas con otras. Para llegar a este resultado, se emplean cuadros permutadores y un

conmutador de varias direcciones. Cuando una persona desea hablar oprime su botón *B* (fig. 1636) lo cual hace sonar el timbre y aparecer el número, correspondiente a su aparato, en el cuadro de la central que, a su petición, establece una comunicación entre la estación que llama y la que ésta pide.

Tubos acústicos.—Se emplean en las casas, pues permiten transmitir la voz a bastante distancia sin perder de intensidad. Efectivamente, si bien en el aire ésta se halla en razón inversa del cuadrado de la distancia, no ocurre así con los sonidos transmitidos por tubos, sobre todo si éstos son cilíndricos y rectos. En este caso, las ondas sonoras no se propagan bajo la forma de esferas concéntricas crecientes de modo que el sonido, hallándose guiado, puede llegar a una distancia grande sin debilitarse mucho. Biot comprobó, en París, que en un tubo de conducción de aguas de 951 m de largo, la voz perdía tan poca intensidad que, entre los dos extremos, se podía mantener una conversación en voz baja. Sin embargo, la pérdida de intensidad es bastante sensible en los tubos de gran diámetro o en los de paredes rugosas; tal sucede, por ejemplo, en los túneles y galerías largas.

Los ingleses fueron los primeros en utilizar los tubos acústicos, a los que llamaban *speaking tubes* (tubos parlantes), empleándolos para transmitir las órdenes en los hoteles y grandes establecimientos.

Los tubos acústicos se emplean, todavía, para poner en comunicación locales distintos de un mismo piso o de pisos diferentes. La instalación puede constar, sencillamente, de tubos con boquillas de silbato en cada extremidad. Cuando se quiere emplear el tubo acústico, se quita el silbato, se sopla y se vuelve a colocarlo en su sitio; el silbato colocado en el otro extremo avisa a la persona a la que se quiere hablar, la que, a su vez, sopla y se aplica la boquilla al oído.

En los grandes establecimientos, se emplea a menudo un cuadro indicador que permite conocer qué tubo y, por consiguiente, qué persona es la que ha pedido comunicación. En las instalaciones poco importantes, puede ahorrarse el cuadro colocando en los tubos silbatos, trompetas, etc., de tono diferente.

Los tubos pueden ser de caucho en los extremos, donde van las boquillas, pero siempre revestidos de un tejido de algodón, de lana o de seda. Las partes fijas se hacen de zinc o de cobre pulimentado interiormente; para instalaciones buenas es preferible el cobre, pues el zinc se deteriora, rápidamente, en contacto con el yeso. La boquilla y el silbato son siempre de palisandro.

El diámetro de los tubos varía de 16 a 30 milímetros.

ALUMBRADO ELÉCTRICO

El alumbrado eléctrico es el más cómodo en la actualidad y suele ser posible en todas partes.

En las ciudades donde hay central eléctrica basta empalmar la instalación interior de la casa con la red de distribución. Un contador indica la cantidad de energía eléctrica consumida.

Cuando cerca de la finca no pasa algún cable de la red, es posible de todos modos instalar el alumbrado eléctrico, produciendo en la casa misma la corriente por medio de una dinamo pequeña movida por un motorcito de gas del alumbrado, de aire comprimido (si existe cerca una red de distribución de estos flúidos), o finalmente por un motor de petróleo, bencina o máquina de vapor, si la casa dista de una ciudad.

Motor.—La elección del motor es muy importante. Es necesario, primeramente, que su potencia sea suficiente para mover desahogadamente la dinamo, no debiéndose olvidar que los motores de gas, de petróleo y de bencina (todos los llamados de combustión, en general) no admiten más que una sobrecarga muy ligera con relación a la potencia normal para que han sido construídos (las máquinas de vapor admiten una sobrecarga mayor); por otra parte, es prudente elegir el motor con cierto margen para que sea posible ampliar la instalación del alumbrado.

La experiencia ha demostrado, efectivamente, que el uso de un alumbrado cómodo y abundante determina una exageración de las verdaderas necesidades y que, por muy completa que sea la instalación al principio, vienen luego ampliaciones que, a veces, rebasan la proporción del 50 %.

Determinada la potencia del motor, hay que elegir el sistema, cuestión algo delicada, cuya discusión nos llevaría muy lejos, por lo cual nos limitaremos a indicar que el motor debe reunir las condiciones siguientes: solidez de construcción, sencillez de los órganos, regularidad de marcha, economía en el consumo.

La regularidad de marcha tiene una importancia capital, sobre todo cuando se trata de alumbrar directamente, sin el auxilio de una batería de acumuladores. La velocidad conveniente varía entre 200 y 300 vueltas por minuto y, en general, los motores con dos volantes son los de marcha más regular.

El motor puede accionar la dinamo por medio de correas o por el intermedio de platillos especiales, colocando el eje de la primera en la prolongación del eje motor y girando ambos con la misma velo-

cidad, pero dejando cierta elasticidad en la transmisión que sirve para aumentar la regularidad de marcha de la dinamo.

Los motores de gas deben fijarse sólidamente sobre un cimiento de fábrica. Para evitar el ruido y las trepidaciones, se interpone una capa de asfalto en la obra del cimiento y una chapa de plomo entre el zócalo de la máquina y el del cimiento.

Es necesario establecer una circulación de agua para la refrigeración del cilindro. Esta agua no debe estar completamente fría, si se quiere obtener un funcionamiento económico: la temperatura conveniente es de 50 a 60°.

Dinamo.—Los aparatos empleados para producir electricidad por transformación del trabajo mecánico son las *máquinas dinamo-eléctricas* o, por abreviación, *dinamos.*

Estas máquinas se componen de un *inductor,* formado por uno o varios electroimanes (es decir, por uno o más pares de polos) que producen un campo magnético; de un *inducido* que gira en este campo y en cuyas espiras se produce la corriente que se ha de utilizar, y de un *colector* que recoge las corrientes inducidas en cada espira o bobina y las rectifica si es necesario.

Las dinamos son de corriente alterna o de corriente continua; en las instalaciones particulares se usan, casi exclusivamente, las últimas.

Las dinamos pueden estar excitadas en *serie*, en *derivación* o en *compound;* en este último caso, tienen dos circuitos de excitación, uno en serie y otro en derivación, lo que les permite adaptarse mejor a las exigencias del alumbrado.

La fuerza electromotriz de las dinamos es proporcional a la intensidad del campo magnético, a la longitud del hilo del inducido y al número de vueltas que da el inducido por minuto; esto último explica la necesidad de que el motor tenga una marcha uniforme.

Para cada dinamo existe una velocidad mínima, por debajo de la cual no se excita.

Una dinamo bien construída no debe dar chispas en los puntos de contacto de las escobillas con el colector. Estas chispas proceden de cortos circuitos que se establecen entre dos láminas contiguas del colector y son una causa de pérdida de energía eléctrica, al mismo tiempo que contribuyen al desgaste rápido del colector y de las escobillas.

Las dinamos deben instalarse en un local fresco o bien ventilado, para disminuir el calentamiento, y en sitio seco para evitar pérdidas de electricidad. Deben colocarse sobre un cimiento sólido para evitar las trepidaciones, y es conveniente interponer una capa aislante, de madera o de gutapercha, entre la máquina y el macizo de cimentación.

Las dinamos deben mantenerse en perfecto estado de limpieza,

pues el polvo, las materias extrañas y la humedad, al depositarse en las partes aislantes, pueden producir derivaciones e impedir en el colector la conmutación.

Acumuladores.—Los acumuladores son aparatos que, después de cargados por una dinamo, pueden restituir—inmediatamente o al cabo de cierto tiempo—la mayor parte de la energía que se les ha suministrado.

Cuando se empalman con los polos positivo y negativo de una dinamo dos láminas metálicas sumergidas en un líquido conductor y se hace pasar la corriente, los elementos que constituyen este líquido se dirigen unos al electrodo positivo y otros al electrodo negativo. Si estos cuerpos no se desprenden inmediatamente, tienden a volverse a combinar y crean, de esta manera, una fuerza contraelectromotriz de polarización.

Los acumuladores no devuelven, completamente, la energía que han absorbido, pero a pesar de este defecto y de ciertos cuidados de conservación, pueden prestar buenos servicios en muchos casos. Regularizan la luz de una manera absoluta y evitan los inconvenientes de un apagado súbito. Finalmente, permiten tener encendido el alumbrado cuando no funciona el motor.

Conductores.—La energía eléctrica se transmite desde la dinamo o desde los acumuladores hasta los diversos aparatos que deben emplearla, por medio de cables o de alambres de cobre puro, generalmente aislados por una envolvente adecuada. En sitios húmedos, se deben colocar los conductores dentro de tubos de plomo.

Todos los conductores se alojan dentro de cajetines de madera provistos de tapa, o se fijan sobre aisladores de porcelana o de vidrio.

La sección de los conductores debe calcularse teniendo en cuenta la corriente que pasa por ellos para que no se calienten excesivamente, como sucedería si su sección fuese escasa.

Cortacircuitos.—En cada cambio de sección de los conductores, y delante de cada lámpara o grupo de lámparas, se coloca un cortacircuitos en el que se dispone un hilo fusible, cuya sección se determina teniendo en cuenta la corriente máxima que se ha de transmitir a través del mismo. Si, por una causa cualquiera, la intensidad de la corriente se eleva de un modo anormal, llegando a ser peligrosa para la conservación de los aparatos, el hilo fusible, al fundirse, interrumpe la corriente, y los aparatos colocados más allá del mismo quedan a cubierto de todo peligro.

Interruptores.—Cada lámpara—o grupo de lámparas que deben alumbrar al mismo tiempo—está accionada por un interruptor ence-

rrado en una materia aislante y colocado de un modo conveniente para hacerlo funcionar.

Lámparas.—Los focos luminosos empleados actualmente se dividen en dos categorías: lámparas de arco y lámparas de incandescencia.

LÁMPARAS DE ARCO.—En ellas (fig. 1637) la luz se produce por un arco luminoso que se forma entre dos carbones mantenidos con cierta separación entre sí, uno en prolongación del otro. El carbón empleado es muy puro y se fabrica artificialmente, con mucho cuidado para obtener la mayor homogeneidad posible. Algunas veces, tienen en su interior un ánima de materia diferente, para obtener luz de coloración determinada.

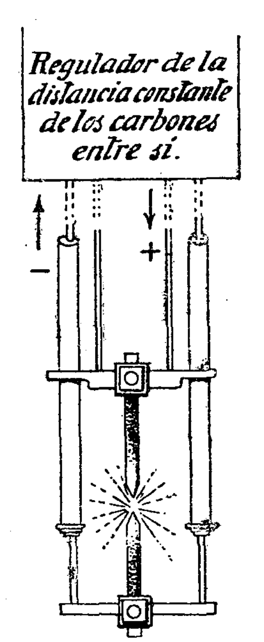


Fig. 1637.
Lámpara de arco.

Estos carbones se unen a los conductores procedentes de los dos polos de la dinamo o de la batería de acumuladores. El carbón positivo se coloca generalmente arriba y el negativo debajo. Empleando corriente continua, el carbón positivo se desgasta en la mitad de tiempo que el negativo, por lo que se acostumbra darle una sección mayor. La punta del carbón positivo se ahueca en forma de cráter, mientras que la del negativo adquiere la forma de una punta: estas diferencias proceden de que hay un transporte de partículas de carbón en el sentido de la corriente, es decir, del carbón positivo al negativo principalmente.

Se atribuye la formación del arco eléctrico a partículas muy finas, quizá a vapores de carbono que, arrastrados por la corriente, establecen una comunicación entre los dos electrodos. En el espectroscopio, el arco da un espectro que presenta las rayas del carbono y las de los metales que pueden encontrarse en los carbones empleados. Los carbones dan un espectro continuo que se extiende mucho del lado del violeta; la luz emitida es, pues, rica en rayos muy refrangibles y de apariencia azulada.

Este color y las cualidades especiales de las lámparas de arco hacen que sean adecuadas para ciertos usos e inservibles para otros. Son convenientes, por ejemplo, para el alumbrado de grandes extensiones al aire libre o para locales bastante elevados, donde no sea obstáculo una luz viva, pero no convienen para el alumbrado de habitaciones ni para el de grandes salones de fiestas (cuando se emplee una sola lámpara) pues no favorecen los vestidos ni el rostro de las señoras.

LÁMPARAS INCANDESCENTES.—Están constituídas por una ampo-

lla de vidrio en la cual se ha hecho un vacío, lo más perfecto posible, y en la que se coloca un filamento de carbón vegetal (fig. 1638) unido por sus extremos a los dos polos de la lámpara. El filamento debe ser muy homogéneo y ensanchado hacia los extremos para que tenga mayor solidez. En el interior de la lámpara, se le arrolla en una o varias espiras para darle más resistencia a los choques y a las variaciones de longitud y aumentar el efecto lumínico.

Se fabrican lámparas de incandescencia desde una a quinientas bujías, pero los tipos más usados son los de 5, 10, 16, 25 y 32 bujías.

La luz emitida por el filamento de las lámparas incandescentes es rica en radiaciones rojas y amarillas; sin embargo, es menos roja que la luz de un mechero de gas. Conviene para el alumbrado de habitaciones; envolviendo las lámparas con globos y tulipas de diversos colores se obtienen efectos de luz muy agradables.

Fig. 1638. — Lámpara incandescente con filamento de carbón.

PARARRAYOS

Generalidades sobre la electricidad atmosférica.—Diferentes hipótesis tratan de explicar el origen de la electricidad atmosférica, atribuyéndola al rozamiento del aire con el suelo, a la vegetación de las plantas, etc.

Volta probó que el agua, al evaporarse, produce electricidad. Pouillet, después, demostró que el agua destilada no da, nunca, lugar a desprendimiento de electricidad, pero sí cuando tiene en disolución una sal o un álcali.

La evaporación de las aguas del mar—cargadas de sales y de otros compuestos—deposita constantemente en la atmósfera electricidad positiva y negativa; esto explica cómo las nubes se electrizan unas veces positiva y otras negativamente.

Las nubes están, siempre, más o menos electrizadas; las positivas están formadas de vapores electrizados positivamente que se desprenden del suelo; para las negativas se admite que son consecuencia de las nieblas que, por su contacto con la tierra, se cargan de flúido negativo y lo arrastran consigo a la atmósfera.

Cuando las nubes están cargadas de electricidad estalla una chispa que produce una luz deslumbradora, a la que se da el nombre de *relámpago,* y que en los tiempos de tormenta es seguida de una detonación violenta, denominada *trueno.* La luz y el ruido son, siempre, casi simultáneos; el intervalo que se observa, algunas veces, entre el relámpago y el trueno se debe a que el sonido no recorre más

que unos 337 m por segundo, mientras que la luz se propaga casi instantáneamente (a razón de 300000 kilómetros por segundo).

El ruido del trueno procede del estremecimiento que produce en la nube y en el aire la descarga eléctrica. Cerca del sitio donde se ha producido la descarga, el ruido del trueno es seco y de poca duración; a cierta distancia se oyen una serie de ruidos y más lejos aún el ruido—débil al principio—se convierte en un fragor sordo y prolongado de intensidad muy desigual.

El *rayo* es la descarga eléctrica que se produce entre una nube tormentosa y el suelo. Este, bajo la influencia de la electricidad de la nube, se carga de electricidad contraria y, cuando el esfuerzo que hacen las dos electricidades para reunirse vence a la resistencia del aire, salta la chispa, lo que se expresa diciendo que *cae* el rayo.

Ahora bien, si se electriza una esfera metálica, el espesor de la capa eléctrica es el mismo en todos los puntos de su superficie, a causa de su forma simétrica. Pero, si se cambia la forma del cuerpo electrizado, dándole la de elipsoide alargado por ejemplo, la capa eléctrica deja de ser uniforme, pues el flúido eléctrico se acumula hacia los extremos o vértices; si el cuerpo termina en punta aguda, la electricidad se acumulará en ella y, creciendo la tensión eléctrica, bien pronto vencerá la resistencia del aire extendiéndose el flúido por la atmósfera de modo que, si este desprendimiento se verificase en la obscuridad, se observaría sobre la punta un penacho luminoso.

El poder de las puntas—descubierto o, mejor dicho, utilizado por Franklin—se explica por la ley de distribución del flúido eléctrico en la superficie de los cuerpos y es la verdadera teoría de los pararrayos. Si se considera que todo cuerpo electrizado, aunque esté aislado, pierde más o menos rápidamente su electricidad, según que la atmósfera esté más o menos húmeda o cargada de vapor, se comprenderá que un pararrayos puede presentar una salida fácil a la electricidad del suelo atraída por la electricidad de las nubes tormentosas, neutralizando de este modo el flúido de la nube.

Teoría del pararrayos.—Desde antiguo, la atención de los sabios se había fijado en las analogías que existen entre los fenómenos particulares de las tormentas y los ya conocidos de la electricidad. El llamado poder de las puntas era también conocido, pero no se había empleado.

Fué hacia el año 1749 cuando el ilustre físico Franklin ejecutó los experimentos que habían de inmortalizarle. Una cometa, provista de una punta metálica y sujeta con un cordón, metálico también, fué lanzada en la atmósfera: el flúido extraído recorría el conductor, en cuya extremidad se recogía y daba chispas. Este flúido no procedía de las nubes, situadas generalmente a grandes alturas, sino de

las capas de aire, cargadas de electricidad por influencia de las nubes. Con ello quedó demostrada la analogía del rayo con la electricidad, y como, además, se sabía que las puntas gozaban de la propiedad de dar salida a la mayor parte del flúido eléctrico acumulado, quedó inventado, asimismo, el pararrayos.

Según la teoría de Franklin—de que las puntas metálicas extraen el flúido eléctrico de las nubes—sería suficiente, para descargar una nube, poner en comunicación por medio de un conductor la punta con la tierra, pues entonces la electricidad, atraída por la punta, iría a perderse en el suelo.

Esta teoría se aproximaba a la verdad, pero no era absolutamente exacta porque, en la época de Franklin, los fenómenos de electrificación eran todavía imperfectamente conocidos. Este físico admitía que los pararrayos extraían la electricidad de las nubes, cuando, en realidad, ocurre lo contrario. Cuando una nube electrizada positivamente, por ejemplo, se eleva en la atmósfera, actúa por influencia sobre la tierra, rechaza a lo lejos el flúido positivo y atrae el negativo que se acumula sobre los cuerpos colocados en la superficie de la tierra, con tanta mayor densidad cuanto mayor sea la altura de dichos cuerpos. Los más altos son, pues, los que poseen mayor tensión y los que, por lo tanto, están más expuestos a la descarga eléctrica; pero si estos cuerpos están armados de puntas metálicas—como sucede en el pararrayos—el flúido negativo atraído de la tierra por la influencia de la nube, se marcha a la atmósfera y va a neutralizar el flúido positivo de la nube. El pararrayos se opone, pues, a la acumulación de electricidad en la superficie de la tierra, pero, además, tiende a reducir las nubes a su estado natural, lo que también propende a evitar la caída del rayo. Sin embargo, cuando el desprendimiento de electricidad es excesivo, el pararrayos es insuficiente para descargar el suelo y se produce el rayo; en este caso, la teoría de Franklin resulta cierta: el pararrayos recibe la descarga a causa de su mayor conductibilidad y preserva el edificio.

Zona de protección.—En una construcción ordinaria, una barra protege eficazmente el volumen de un cono de revolución que tiene por vértice la punta del pararrayos y como radio de base la altura de la barra, medida a partir del caballete en metros, multiplicada por 1,75; así: una barra de 8 m protegerá un cono cuya base tenga $1{,}75 \times 8 = 14$ m de radio. En la práctica, se puede dar una separación un poco mayor a las barras, a condición de hacer uso *de un circuito de caballetes.*

Ordinariamente se admite, también, que la barra de un pararrayos protege eficazmente un espacio circular de radio doble de la altura de aquélla.

Sin embargo—cuando el edificio tenga un campanario que se

eleve a unos treinta metros de altura, sobre las cubiertas de los demás cuerpos del edificio— no se deberá considerar protegido más que un espacio circular de radio igual a dicha altura de treinta metros. Pouillet dice que el radio del círculo de protección no puede ser tan grande para un edificio con cubierta o armaduras metálicas, como para uno con armaduras de madera y cubierta de pizarra o de tejas.

Hemos de advertir que los sabios y los prácticos están en la actualidad divididos en dos bandos: uno partidario de barras largas y otro de barras cortas. Según unos, y esto era lo admitido hasta ahora, las barras largas protegen realmente, mientras que otros opinan que, por el contrario, son peligrosas.

Desde luego, nos guardaremos de tomar partido por uno de los dos bandos, pues ambos se apoyan en razones serias; pero nos inclinamos a creer que, según las condiciones del edificio, se podrá dar preferencia a uno u otro.

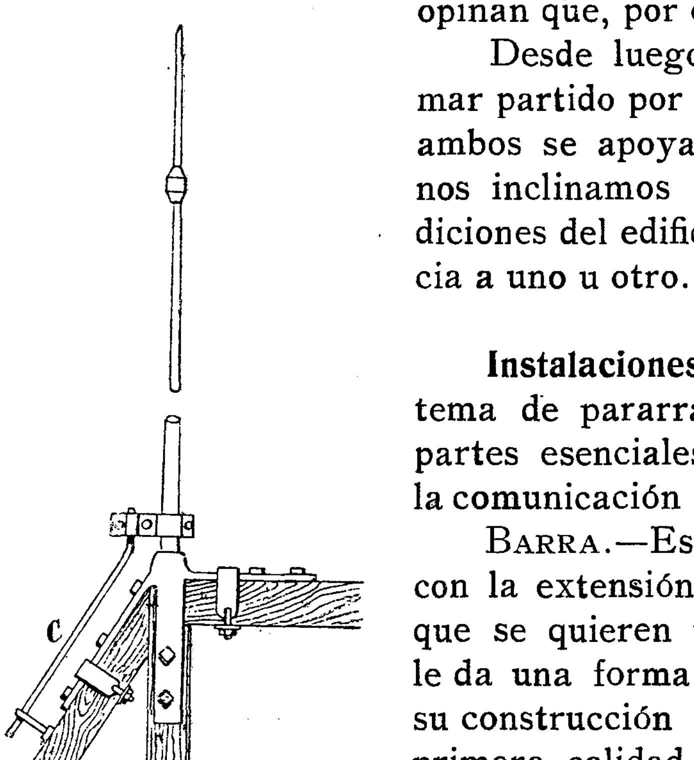


Fig. 1639.
Barra de un pararrayos.

Instalaciones de pararrayos.—Todo sistema de pararrayos se compone de tres partes esenciales: la barra, el conductor y la comunicación con tierra.

BARRA.—Es de hierro; su altura varía con la extensión ocupada por los edificios que se quieren proteger. A esta barra se le da una forma cónica o piramidal, y para su construcción se emplea hierro dulce de primera calidad, a fin de obtener una buena conductibilidad.

Generalmente el diámetro de la barra, medido en la base, es igual a la centésima parte de la altura; sin embargo, no se pasa nunca y rara vez se alcanza a 10 cm, que corresponde a una altura de diez metros, porque para alturas mayores es preferible multiplicar el número de barras a fin de evitar las sacudidas y deterioros causados por las vibraciones del viento sobre una barra de peso excesivo.

La barra se fija al edificio que protege por medio de horquillas (fig. 1639), cuyas formas varían con la de la cubierta y con el sistema de armaduras.

Un pararrayos debe terminar en una punta de platino, que es el menos fusible de los metales y también el menos oxidable. Cuanto más aguda sea la punta, mayor es su acción preventiva; el empleo del cobre puro no es tan conveniente y no puede asegurarse con él la buena conservación del aparato durante mucho tiempo.

La punta de platino, según Gay-Lussac, debe tener cinco centí-

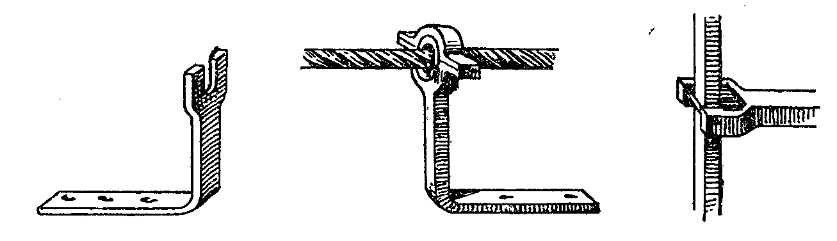
metros de longitud y estar soldada con plata a una varilla de cobre puro, de unos cincuenta centímetros de longitud aproximadamente, montada sobre la barra de hierro.

Para evitar la oxidación deberá galvanizarse siempre la barra; en la parte inferior, se coloca una cazoleta para impedir que las aguas de lluvia penetren en el edificio. Otras veces, cuando ha de ornamentarse el pararrayos con adornos de zinc, se suelda un cono, cuya misión es la de alejar las aguas.

Toma de corriente, conductor.—El anillo de toma de corriente se coloca un poco por encima de la cazoleta. Este anillo está formado por dos piezas metálicas que cogen al mismo tiempo la barra y el conductor *C* (fig. 1639). Las superficies en contacto se liman previamente, después se interpone entre ellas una lámina de plomo que, al aplastarse por la presión, rellena toda las pequeñas desigualdades y asegura el contacto íntimo de las piezas, terminándose la junta por medio de una gruesa soldadura de estaño.

El conductor une la barra con la tierra. Puede ser: de hierro cuadrado de 20 × 20 mm; de cable de hierro galvanizado, y entonces el conductor necesita una envolvente protectora; de cobre, lo cual permite darle menor diámetro, pues su conductibilidad es mucho mayor.

Para mantener el conductor, se fija por medio de soportes de hierro forjado, sujetos con tornillos o empotrados—según los puntos



Figs. 1640 a 1642.—Soportes para el conductor de los pararrayos.

donde se quiera colocarlos;—las formas más generalmente empleadas son las que indicamos en las figuras 1640 y 1641.

En los tramos verticales, para evitar una tensión excesiva del conductor a causa de su propio peso, se le sujeta a los soportes por medio de talones (fig. 1642).

Al llegar al suelo, el resto del conductor hasta su unión con el pierde-flúido debe alquitranarse y, para conservarlo húmedo, se le hace pasar por una artesa llena de carbón, desde donde desciende para sumergirse en el agua; termina el conductor por una horquilla de varias ramas (fig. 1643) sumergida en el agua; esta pieza constituye el *pierde-flúido* y debe ser galvanizada, para evitar la oxidación.

Si la casa no tiene pozo, se practica en el suelo un hoyo de tres a cinco metros de profundidad, donde se coloca el pierde-flúido,

envolviendo sus ramas—como también toda la parte del conductor que se encuentra en esta cavidad—con cok.

En los terrenos secos, además del hoyo citado, deberán abrirse zanjas de cuatro o cinco metros de longitud que arranquen del emplazamiento de la artesa de cok, en el fondo de estas zanjas se dispone un lecho de cok y sobre éste una barra de hierro de 20 mm que comunique con el conductor situado en la artesa de cok antes mencionada; después se cubre con cok y se rellenan las zanjas con tierra vegetal; si es posible conducir a este sitio las aguas de lluvia, debe

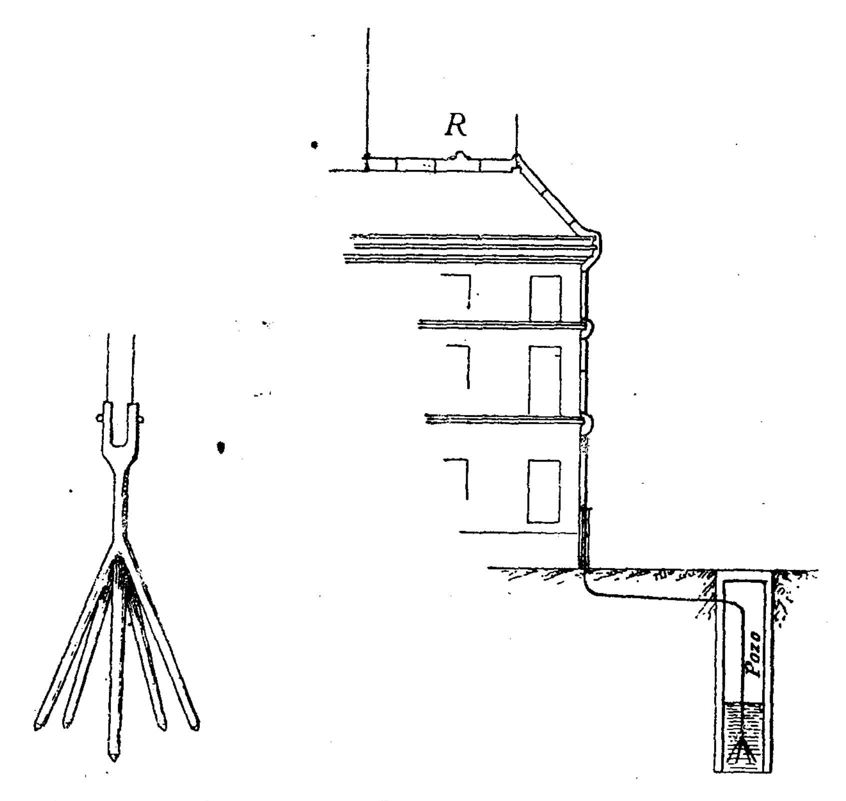


Fig. 1643.—Pierde-flúido. Fig. 1644.—Circuito de caballetes.

hacerse. En resumen, es conveniente elegir el sitio más húmedo de la finca para unir el conductor a tierra.

CIRCUITO DE CABALLETES.—Cualquiera que sea el número de barras colocadas sobre un edificio, es indispensable, siempre, establecer una comunicación entre todas ellas por medio de un cable de hierro o de cobre; a este conjunto se le llama circuito de caballetes (fig. 1644). Para evitar toda rotura del cable por causa de la dilatación, se colocan de trecho en trecho compensadores como el que se indica en *R*, análogo al que muestra la figura 1578 para una tubería (pág. 574).

Para asegurar la rápida salida del flúido es conveniente poner, por lo menos, un conductor por cada dos pararrayos y, en lo posible, situar dichos conductores en la fachada del edificio más expuesta a la lluvia.

En las construcciones donde predomina el metal, es necesario poner en comunicación todas las masas metálicas (cubierta y arma-

duras) con el conductor, por medio de cables de siete u ocho milímetros de diámetro que vayan a empalmarse con el conductor o cable principal.

Grenet suprime radicalmente las barras de gran altura, reemplazándolas por cierto número de varillas de cobre, cuya altura varía entre quince y cincuenta centímetros (esta última cuando se trata de proteger edificios de cierta importancia); en las construcciones ordinarias basta encerrar la casa en una red de circuitos de caballetes y de conductores, disponiendo sólo algunas barras en los puntos más elevados. Los conductores son cintas de cobre estañado, de 30×2 mm de sección, que se fijan a la cubierta y a los muros por medio de bridas a las cuales van soldadas. En la base están reunidas todas por un circuito de contorno, de donde pasa el flúido a los pozos. El contacto con tierra está formado por la misma cinta, arrollada en espiral sobre una cruz de madera en la cual se han practicado entalladuras. Este sistema ha sido empleado en los polvorines.

CAPÍTULO XVI

Materiales de construcción

Materiales pétreos.—Arena.—Gravilla.—Guijarros o cantos rodados.—Piedras naturales: piedras duras, piedras blandas; condiciones generales que deben reunir las piedras de construcción.
Materiales cerámicos.—Ladrillos.—Baldosas de barro cocido.—Azulejos.
Morteros, hormigones, yeso.—Cales.—Consideraciones generales acerca de los morteros de cal: preparación. — Cementos: cementos naturales, puzolanas, cemento hidráulico, cemento ordinario. — Morteros de cemento. — Hormigón. — Piedra artificial. — Tapial. —Yeso.—Mortero de yeso.—Estuco.—Ladrillos de yeso.
Asfalto, betún.—Asfalto.—Betún: mástique bituminoso, betún artificial, coaltar o alquitrán mineral, brea.
Maderas. — Generalidades. — Encina. — Haya. — Olmo. — Fresno. — Carpe. — Castaño.— Aliso.—Tilo. — Abedul.—Álamo. — Plátano. — Abeto. — Pino. — Pitchpine. — Alerce. — Caoba. — Boj. — Campeche. — Cedro.—Limonero. — Ciprés. — Ébano. — Arce. — Guayaco.— Tejo.—Nogal. — Tuya.—Conservación de las maderas: desecación natural, desecación artificial, flotación, carbonización, inyección con líquidos antisépticos, conservación de las obras de madera.
Metales.—Hierro dulce; principales procedencias de los hierros, ensayos, galvanización.— Fundición: fundición maleable.—Acero: temple del acero.—Denominación de los hierros y aceros comerciales.—Cobre.—Plomo.—Estaño.—Zinc.

MATERIALES PÉTREOS

Arena.—La arena se forma por la disgregación de rocas naturales, como el granito, areniscas, calizas arenáceas, cuarzo y basaltos, parte de cuyos componentes ha sido arrastrada por las aguas; el residuo es lo que constituye la arena. Hay, por consiguiente, tantas clases de arena como de piedras, y aquéllas recuerdan por su composición a las rocas de que proceden. Se distinguen en construcción: arena de *rio,* arena *fósil* o *de cuarzo* y arena *virgen.*

La *arena de rio,* recomendada frecuentemente, es buena porque después de bien lavada queda exenta de materias terrosas y se adhiere bien a la cal y al cemento; tiene el inconveniente, en cambio, de que su forma redondeada, debida al acarreo que ha sufrido en el transcurso del tiempo, hace que se adhiera menos a los morteros.

La *arena fósil,* habiendo sido transportada lejos de las rocas que la produjeron por corrientes anteriores al período geológico actual, está desprovista de tierra y tiene granos de formas angulosas, motivos por los cuales es muy buscada por los constructores.

Las *arenas virgenes* son las que se encuentran en los macizos de rocas que actualmente están en descomposición. Estas arenas son

ásperas y angulosas y no pueden emplearse sino después de bien lavadas.

Para cerciorarse del valor de una arena determinada, basta examinar con cuidado si está desprovista de polvo o tierra, puesta ésta es un obstáculo para la adherencia del cemento, cal, etc. Se considera que una arena es buena cuando al estrujarla en la mano produce un ruido seco, que no produce la arena terrosa. Vitrubio dice que la arena es de buena calidad si extendiéndola sobre un lienzo blanco se puede, sacudiendo este último, eliminarla sin que deje vestigios.

El peso de un metro cúbico de arena fósil es de 1343 Kg; el de un volumen igual de arena de río 1880 kilogramos.

Gravilla.—Es arena gruesa, mezclada con guijarros pequeños. La gravilla se obtiene pasando los guijarros otra vez por la criba, después de haber separado la arena; la gravilla sirve, una vez lavada, para preparar el hormigón fino. Las arenas de río dan también gravillas redondeadas que, asimismo, se utilizan para amasar hormigón.

El peso de un metro cúbico de gravilla varía entre 1360 y 1500 kilogramos.

Guijarros o cantos rodados.—Los guijarros siliciosos o calizos se encuentran mezclados con la arena en las llanuras y en los ríos; presentan formas más o menos angulosas, o también (los de llanura) redondeadas por efecto del acarreo. Los guijarros son muy empleados en construcción, pues forman un componente esencial del hormigón, para el que deben preferirse, siempre, cantos procedentes de roca dura.

El peso de un metro cúbico de guijarros es de 1658 kilogramos.

Piedras naturales.—La piedra es el material por excelencia en Arquitectura; con ella se construyen las masas sólidas, los puntos de apoyo aislados y también muros. Sus cualidades de resistencia, lo mismo a los esfuerzos mecánicos que a los agentes atmosféricos, han hecho de ella un material muy estimado por la humanidad, pudiendo decirse que, en páginas de pórfido y granito, se escribió la historia de los primeros tiempos.

La palabra *piedra,* en su acepción general, designa una substancia mineral sólida, insoluble en el agua, incombustible y no maleable. La composición de las piedras es muy variada, aunque todas están formadas por un óxido metálico, combinado con otro u otros de carácter ácido, y que generalmente son de silicio, de carbono o de azufre.

Se distinguen las piedras, entre sí, por sus caracteres físicos y químicos.

Los primeros son: densidad, dureza, estructura, fractura y color.

La *densidad* se aprecia, lo mismo que para los otros cuerpos, comparando el peso de un decímetro cúbico de piedra con el de un volumen igual de agua. La *dureza* se mide por la conocida *escala de Mohs,* que toma por términos de comparación diez minerales de dureza creciente: talco, yeso, caliza, fluorina, fosforita, feldespato, cuarzo, topacio, corindón y diamante. Según que la piedra raye a uno de estos minerales o se pueda rayar con él, se dice que es más dura o menos dura que él. Ordinariamente se clasifica la dureza de una piedra según que raye al acero, al hierro, al cobre o a la uña, o recíprocamente, que se pueda rayar con ellos. La *estructura* puede ser: compacta, granulosa, laminar, cristalina o granitoide, sacaroide, fibrosa, terrosa, celular, esquistosa. La *fractura* es recta, concoidal o lisa. El *color* tiene importancia desde el punto de vista decorativo.

Los caracteres químicos establecen diferencias entre las piedras: por los efectos que produce el fuego sobre cada naturaleza de piedra, atacándola más o menos y cambiando sus propiedades; por la acción de los ácidos, que es nula a veces y que las disuelve en ocasiones.

La dilatación de la piedra, evaluada en 0,01 mm para una diferencia de 100°, es despreciable en la mayor parte de los casos. Ciertas calizas, sometidas a elevada temperatura, se transforman en cal y, a veces, en grandes incendios se han producido graves accidentes por la lluvia al caer sobre edificios construídos con esta clase de piedras.

Los *agentes atmosféricos,* la humedad, la sequedad y principalmente las heladas, son causa de alteraciones graves en ciertas piedras. La acción de la helada hace que las piedras que tienen el defecto de ser heladizas se agrieten y se dividan en lascas o que se partan en fragmentos irregulares. Se comprueba la heladicidad del modo siguiente: se sumerge en un baño, que contenga una sal cristalina cualquiera, un trozo de la piedra que se quiere ensayar; se saca y se deja secar; la sal cristalizará y, si no destaca ningún fragmento del trozo que se ensaya, es prueba de que la piedra no es heladiza.

Las piedras se clasifican en dos grupos principales: duras y blandas, según que se puedan labrar con menor o mayor facilidad. Al primer grupo corresponden las areniscas, cuarzos, rocas estratificadas, granitos, basaltos y pórfidos, que dan chispas con el eslabón y no producen efervescencia al ser tratadas por los ácidos. En el segundo grupo figuran las calizas blandas, que no dan chispas con el eslabón y son atacadas por los ácidos.

Hay una infinidad de especies distintas de piedras. Presentan una gama variadísima con casi todos los colores deseables, desde el blanco más bello hasta el negro, y esta gran variedad de tonos permite una espléndida decoración. Ejemplo: los granitos azules, gris, rosa, rojos, gris obscuro, etc.; las bonitas piedras blancas, las pie-

dras veteadas con listas amarillas y rosa; las areniscas de colores variables entre el blanco y el rojo; finalmente, las piedras volcánicas de color negro mate.

En la elección de la piedra, debe preocuparse el arquitecto de la calidad tanto desde el punto de vista de su dureza, como atendiendo a la resistencia y dificultad de su colocación en obra. Debe, pues, elegir una piedra no heladiza y colocarla sobre su lecho de cantera; empleará la piedra dura en los basamentos que deben soportar toda la carga e irá usando especies sucesivamente más blandas a medida que se eleve la obra. Esta marcha es tanto más racional cuanto que, desde el punto de vista artístico, la gradación ornamental se hace en el mismo sentido, pues las partes inferiores deben ser muy sencillas y la riqueza del decorado crece, a medida que se asciende en la altura. La escultura resulta de esta manera de una labra más fácil.

PIEDRAS DURAS.—Los *mármoles* son variedades de caliza, de grano fino, susceptibles de pulimento. Su blancura o sus colores más o menos vivos y variados proporcionan un precioso recurso para la decoración.

En España existen diversas variedades y se emplean también mármoles exóticos, entre ellos y principalmente el de Carrara (Italia). Entre los mármoles blancos de España está el de Huelva. Los principales mármoles de colores empleados en España son: el Bardillo de Italia, el de Canfranc, el rojo de Aspe (Alicante), el rojo de Ereño (Bilbao), el amarillo de Govantes (Málaga), el negro belga fino, el de Urda (Toledo), el de Mañaría (Bilbao), el amarillo Carmen doncella (Játiva), el brocatel de Tortosa con tres tonos del mismo color, el negro con vetas encarnadas del bajo de Buscarró.

Los mármoles se dividen, desde el punto de vista litológico, en *simples* y *compuestos*. Entre los primeros están los *unicoloros* y los *manchados*, que presentan una variedad muy grande. Los mármoles compuestos contienen materias extrañas. Estos mármoles proceden de sitios enclavados en terrenos primitivos; las materias contenidas en estos terrenos son asimiladas por las substancias calizas en forma de hojas, paquetes, o también diseminadas en la masa. Entre éstos figuran: los *mármoles lumaquelas*, que contienen conchas y madréporas, aglutinadas por medio de un cemento calizo; los hay de color gris azulado, con conchas blancas y espáticas; otros también azulados, con conchas negruzcas y espáticas; los *mármoles brechas*, que están compuestos de fragmentos de mármoles más antiguos, aglutinados por medio de un cemento silicioso; los *mármoles brocateles*, de igual origen que los mármoles brechas, de los cuales se distinguen principalmente por el tamaño mucho menor de los fragmentos.

Los *ónices* son una variedad del ágata, en cuya masa existen la calcedonia, la sardónice y la cornalina que se presentan en capas sucesivas y por fajas paralelas caprichosamente contorneadas; el color más frecuente es blanco lechoso, para el fondo, con vetas de tonos vivos o suaves que van desde el amarillo claro al violeta y al castaño obscuro.

El *alabastro* es una especie de mármol blanco, semitransparente y algunas veces notable por su blancura. Hay dos especies muy distintas: la primera es una variedad de carbonato cálcico y la otra es un sulfato de cal como el yeso. El alabastro propiamente dicho es una caliza: debe mencionarse principalmente el alabastro llamado *oriental,* que es un mármol fibroso, semitransparente en ciertas partes y opaco en otras, de vetas onduladas y concéntricas, con fractura cristalina y coloración diversa, del blanco al amarillo. El alabastro yesoso es más blanco y más fácil de trabajar que el alabastro calizo: el más bonito procede de Volterra (Italia); se talla con el cuchillo tan fácilmente como un yeso fresco.

Las *areniscas* están formadas por granos de arena reunidos por un cemento silicioso, arcilloso o calizo. Las *areniscas silíceas* son muy duras y difíciles de trabajar; las *areniscas calizas* son más o menos duras, según la proporción de cemento calizo que contienen, reconociéndose porque se disuelven parcialmente en los ácidos; la *arenisca arcillosa,* conocida por el nombre de *molasa,* es de color gris, se labra bien en el instante de la extracción, pero expuesta al aire adquiere gran dureza. Las areniscas están muy repartidas por el globo y son de calidad muy variable; en general, son malas como material de construcción, porque su porosidad hace que absorban la humedad. No se emplean sino a falta de otro material y conviene no construir con ellas los basamentos.

Según experimentos de Vicat, la arenisca llamada Florencia se aplasta bajo una carga de 420 Kg/cm^2 y una arenisca blanda no puede soportar más de 4 Kg/cm^2.

El peso específico es de unos 2500 Kg/m^3.

Los *granitos* están compuestos de *cuarzo, feldespato* y *mica,* íntimamente reunidos por un cemento natural. Esta piedra debe su dureza a la presencia del cuarzo o sílice pura, dureza que es tanto mayor cuanta más cantidad de sílice tenga y más finos sean sus granos. Hay granitos blancos, rosados, grises, azules, negros, etc.

El peso específico varía de 2350 a 2950 Kg/m^3.

La resistencia al aplastamiento varía entre 640 y 2680 Kg/m^2.

La *piedra moleña* es un excelente material de fábrica; está compuesta de concreciones cuarzosas y ásperas, cuya masa está acribillada de huecos a los cuales se adhiere el mortero mucho mejor que a la piedra ordinaria. Es de un color rojoamarillento; la moleña gri-

sácea de grano más fino, es tan dura como el pedernal; sirve para construir las muelas de molino.

PIEDRAS BLANDAS.—Las piedras blandas son convenientes para las partes superiores de los edificios, pues la carga de aplastamiento disminuye a medida que las hiladas ocupan una posición más elevada. Las piedras destinadas a la construcción de muros sólidos y duraderos, deben responder al objeto propuesto y tener todas la misma dureza y suficiente resistencia. Para conocer estas cualidades se comprueba si el sonido, que da la piedra al golpearla, es claro o sordo y si los fragmentos, que resultan al romperla, son angulosos o redondeados: fragmentos redondeados son indicio de piedra blanda; generalmente la finura del grano y la compacidad de estructura no se encuentran sino en las piedras duras. El color tiene poca influencia sobre su calidad, pues las piedras obscuras pueden ser tan duras como las de colores claros, y recíprocamente; lo único que debe procurarse es no emplear más que piedra de un mismo matiz en toda la construcción.

CONDICIONES GENERALES QUE DEBEN REUNIR LAS PIEDRAS DE CONSTRUCCIÓN. — La buena piedra de construcción debe resistir a la intemperie y no ser heladiza. Es necesario no emplear aquellas partes de la piedra que presenten aglomeraciones de hierro y de óxido de manganeso, pues no resistirían al aire. Las pizarras y piedras expuestas al esquistamiento se rajan en láminas u hojas, cuando la humedad puede penetrar en ellas; en cuanto a las piedras que absorben el agua, generalmente están expuestas a desagregarse por las heladas. Una piedra puede considerarse a prueba de heladas cuando ha resistido bien uno o dos inviernos al aire libre.

Además, deben estar exentas de oquedades y grietas y presentar una superficie un poco áspera para que agarre bien el mortero, cosa que no sucede cuando la piedra tiene una superficie demasiado lisa. Conviene, también, que no haya grandes diferencias de tamaño entre las piedras empleadas; es preciso que sus dimensiones sean proporcionadas al esfuerzo que han de resistir, aunque los sillares grandes dan más solidez a los muros que los pequeños. En cuanto a las piedras destinadas a hogares, cañones de chimenea, etc., para cerciorarse de su buena calidad basta someterlas a una temperatura elevada. Si no se funden ni se hienden o fragmentan en láminas, podrán emplearse.

MATERIALES CERAMICOS

Ladrillos.—No todas las comarcas disponen de piedras de construcción que reúnan las debidas condiciones, y en algunas faltan por

completo. Es preciso, entonces, recurrir a los materiales artificiales, entre los cuales figura en primer lugar, por antigüedad e importancia, el ladrillo fabricado con arcilla.

Se distinguen dos especies de ladrillo: el *adobe,* endurecido solamente al calor del sol, y el *ladrillo cocido,* endurecido por la acción del fuego. El primero puede emplearse únicamente en los países meridionales, aunque tampoco pueden obtenerse con él construcciones duraderas. En los países fríos, las construcciones de adobes se destruirían rápidamente por las heladas y las lluvias.

La calidad del ladrillo varía con la clase de tierras empleadas para su fabricación. La arcilla para los ladrillos ordinarios no debe ser ni muy grasa ni muy árida: en el primer caso aquéllos se alabean y se agrietan por la cocción; en el segundo caso, los ladrillos obtenidos se vitrificarían o fundirían en el fuego y no permitirían una resistencia suficiente.

Si la arcilla es demasiado grasa, se le agrega arena fina o materias calizas en polvo; si es muy árida, se le añade cierta cantidad de marga o de cal y, muy raras veces, arcilla plástica.

Deben proscribirse, rigurosamente, las arcillas que contengan caliza, porque ésta, en el horno, se convierte en cal viva que, a la primera lluvia, se apaga y rompe el ladrillo. También se debe evitar en la arcilla la presencia de partículas de cuarzo y de pirita de hierro.

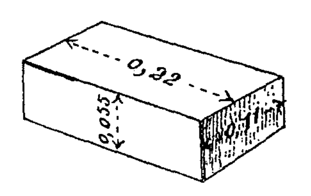
Un buen ladrillo debe tener las siguientes cualidades: *homogeneidad,* que se reconoce en la ausencia de fisuras y defectos, en la uniformidad y finura del grano y por ser la fractura brillante; *dureza* o sea resistencia a la flexión y a la compresión; *regularidad de la forma,* lo que exige superficies lisas, aristas vivas y ángulos rectos para que los tendeles de mortero resulten de espesor uniforme.

La *facilidad de poderse cortar,* aunque no es indispensable en la mayoría de los casos, es útil sin embargo para preparar ángulos, molduras, etc.; en una palabra, el ladrillo debe ser bastante resistente pero suficientemente manejable.

Las tierras para la fabricación se deben extraer en otoño, dejándolas al aire y removiéndolas de vez en cuando, durante todo el invierno; después se humedece y amasa la tierra en una fosa de mampostería, donde se tritura quitando con cuidado las piedrecillas y materias extrañas. Se agrega, entonces, a la arcilla triturada la cantidad de arena o de caliza necesaria para darle la calidad apetecida.

El ladrillo suele moldearse a mano, pero en los centros importantes se moldea mecánicamente. Después del moldeo, el ladrillo debe someterse a una desecación lenta al aire y luego se cuece, ya en hormigueros, ya en hornos.

Los *ladrillos refractarios* destinados a resistir la acción del fuego intenso (revestimiento interno de los hornos, chimeneas, caloríferos, etc.) se fabrican con arcilla pura, exenta de cal y de hierro; se puede obtener esta pasta agregando a ciertas arcillas



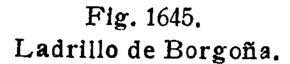
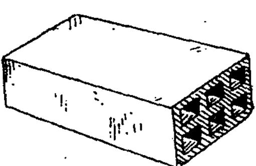
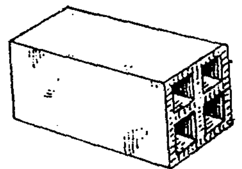


Fig. 1645.
Ladrillo de Borgoña.





Figs. 1646 y 1647.
Ladrillos huecos.

muy áridas uno o dos volúmenes de cemento de tierra refractaria, finamente molido.

Las dimensiones de los ladrillos varían mucho, según los países y aun en las regiones de un mismo país; véase el artículo: *dimensiones de los ladrillos,* en la página 59.

Los *ladrillos huecos* se moldean mecánicamente; su forma es variable, como también el número de agujeros y las dimensiones. Resultan económicos de materia prima, se desecan y se cuecen más rápidamente y, por último, tienen la ventaja de cargar mucho menos las construcciones. Véanse las figuras 1646 y 1647, así como los detalles que se han dado en la página 63.

Los *ladrillos esmaltados* se fabrican, en general, con arcillas escogidas y tienen una de sus caras cubierta por un esmalte blanco o de color. Bien empleado, este ladrillo es de excelente efecto decorativo.

Baldosas de barro cocido.—Son losetas pequeñas, cuadradas, rectangulares o exagonales cuyo espesor varía, con las procedencias, entre 10 y 27 mm. Las baldosas cuadradas (fig. 1648) se em-

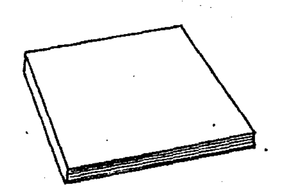


Fig. 1648.—Baldosa cuadrada de barro cocido.

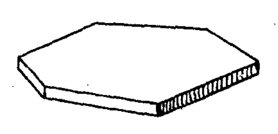


Fig. 1649.—Baldosa exagonal de barro cocido.

plean principalmente en los hogares de las chimeneas, en las cocinas, etc.; las de forma rectangular se usan muy poco, pues no suelen destinarse sino para los encintados. También existen las baldosas exagonales (fig. 1649). Véase la sección *Embaldosados,* página 142.

lugar a 0,24 m^3 de pasta; pero cuando la cocción data de varios días y la cal no es muy pura, esta cifra desciende hasta 0,18 m^3.

Los entumecimientos varían entre dichos dos límites.

Las cales ordinarias muy grasas, apagadas en burbujas gruesas por fusión, dan—por unidad de volumen—dos y a veces más. Las cales magras y ordinarias dan 1,30 y a veces sólo 1,20 volúmenes por cada uno de cal viva.

Las cales hidráulicas dan un entumecimiento muy variable; la tabla que sigue da los resultados obtenidos por metro cúbico de cal viva, medida al pie de obra.

En el amasado de la cal apagada en polvo, se verifica una contracción que puede variar de 0,62 a 0,80 m^3 de pasta por metro cúbico de polvo.

ENTUMECIMIENTO
Y CONTRACCIÓN DE ALGUNAS CALES HIDRÁULICAS

DESIGNACIÓN DE LAS CALES	Manera de hacer la extinción de un m^3	Volumen después de la fusión
Cal hidráulica de Borgoña.	fusión	1,55 de pasta
» » » »	inmersión	1,85 de polvo
» natural de Chaumont	fusión	1,50 de pasta
» » » »	inmersión	1,78 de polvo
» artificial de Chaumont.	fusión	1,59 de pasta
» » » »	inmersión	1,75 de polvo
» hidráulica de Issy	fusión	1,62 de pasta
» natural de Molineaux.	»	1,47 de »
» medianamente hidráulica de Hève . . .	»	1,75 de »
» » » » » . . .	inmersión	2,00 de polvo
» hidráulica de Theil.	»	1,24 de »

Si a la cal apagada y en polvo se le agrega agua, se deslíe y forma una pasta, adecuada para la preparación de morteros. Cuando la cantidad de agua es grande, resulta la *lechada de cal,* que se emplea para los blanqueos.

Las calizas que contienen ciertas materias inertes proporcionan cales que se hidratan más lentamente y se entumecen menos, las cuales, al combinarse con el agua, forman una pasta menos trabada; estas cales se llaman *cales magras* o *áridas* y, lo mismo que las cales grasas, tampoco fraguan debajo del agua.

Las *cales hidráulicas,* es decir, las que tienen la propiedad de fraguar debajo del agua, son las que proceden de calizas que contienen de 12 a 20 °/₀ de arcilla; estas cales se hidratan con el agua, con muy poco desprendimiento de calor y casi sin entumecerse; en el aire, al secarse, se agrietan menos que las *cales grasas.*

Las baldosas de buena calidad deben dar un sonido claro cuando se golpean con un cuerpo duro.

La calidad de las baldosas varía con su fabricación más o menos esmerada, pero, principalmente, con la materia prima que se emplee.

Azulejos.—Se fabrican baldosas de barro cocido con una de sus caras esmaltadas, que se emplean como revestimiento externo de las estufas de loza, para las chimeneas, paredes de las cocinas, cuartos de baño, etc., o sea en todos los sitios donde se necesite poder limpiar con rapidez. Esta clase de baldosas se hace de todos tamaños y, además, pueden encargarse de todos los colores y dibujos.

Véanse, acerca del particular, la sección *Revestimientos de azulejos,* páginas 140 a 142, y además los artículos: *baldosas de cemento comprimido* (página 144), *embaldosados cerámicos* (página 145) y *solado cerámico* (página 131).

MORTEROS, HORMIGONES, YESO

Cales.—La cal viva u óxido de cal se obtiene por la calcinación de ciertas piedras calizas, como las calizas ordinarias, la creta, el alabastro, etc., que son, todas ellas, carbonatos de cal.

Sometidas al fuego, las calizas puras abandonan por completo el agua de cristalización y el ácido carbónico, de suerte que no queda más que el óxido de calcio puro, es decir, la *cal grasa,* que tiene la propiedad de formar, con el agua, una pasta que se endurece en el aire, pero que se disuelve en el agua.

Sin embargo, si las piedras calizas contienen cierta cantidad de arcilla, la *cal* procedente de su calcinación es *hidráulica,* es decir, que tiene la propiedad de fraguar con el agua, endureciéndose no sólo en el aire sino también debajo del agua.

El carbonato de cal o caliza, después de calcinado, conserva casi la misma apariencia que antes de la cocción. Pero, si se mojan estas piedras, la cal *cunde,* es decir, que aumenta considerablemente de volumen y desprende gran cantidad de calor; entonces se convierte en *cal apagada* o *cal hidratada.* La cal viva, es decir, antes de ser combinada con el agua, toma también el nombre de cal anhidra.

El entumecimiento o esponjamiento, es decir, el aumento de volumen que sufre la cal al apagarse, varía con la naturaleza de la cal y con el procedimiento de hacer la extinción.

En general, 100 Kg de cal grasa muy pura y muy viva dan

CANTIDADES DE CAL Y DE ARCILLA CONTENIDAS EN VARIAS CALES HIDRÁULICAS DE DISTINTA NATURALEZA

Cantidades de Cal	Cantidades de Arcilla	Nombre de los productos	Duración del fraguado en el agua	Observaciones
			días	
100	0	Cal grasa.	—	Soluble en el agua.
90	10	» poco hidráulica	20	
82	18	» medianamente hidráulica.	15	Continúa endureciéndose después del 15.° día con gran lentitud hasta los seis meses; también se disuelve en agua pura, pero con mucha dificultad.
80	20	» muy hidráulica		
74	26	» hidráulica ordinaria. . .	6 a 8	Después de seis meses adquiere un grado de endurecimiento similar al de la piedra blanda.
70	30	» eminentemente hidráulica	2 a 4	Endurece después de un mes; después de seis meses fractura escamosa.
65	35	Cales límites.	—	Fraguado instantáneo: no se entumecen; para amasarlas hay que pulverizarlas lo mismo que el yeso; se apagan muy difícilmente; después de algunas horas de fraguado se reducen a polvo; son de empleo peligroso.
60	40	Cementos límites inferiores . Yesos cementos.	—	Fraguado persistente: se ligan a la arena mejor que los cementos más áridos.
50	50	Cementos ordinarios	—	
27	73	» límites superiores .	—	
10	90	Puzolanas.	—	
0	100	Arcilla pura	—	

Consideraciones generales acerca de los morteros de cal.—La pasta de cal grasa se conserva blanda en los sitios húmedos; en el agua no fragua, se diluye y forma un poso. Agregándole dos o tres veces su volumen de arena, forma el *mortero de cal grasa* (véanse página 31 y tabla de la página 33). Este mortero se endurece lentamente, por lo que es menester no construir con demasiada rapidez, a fin de dejar a las hiladas inferiores el tiempo necesario para que se endurezcan lo bastante y puedan soportar el peso de las superiores. Los morteros de cal ordinaria, sea grasa o sea árida, y arena se endurecen en el aire por desecación y absorción del ácido carbónico. Enterrado en la tierra y resguardado del contacto del aire, este mortero no fragua. Para obtener un buen mortero de cal grasa, se necesita pasta dura de cal y no debe añadirse agua sino cuando la arena, por estar muy seca, lo exige.

El *mortero de cal grasa con puzolana* es hidráulico y su fra-

guado tanto más rápido cuanto más enérgica es la puzolana empleada. Debe emplearse en las fábricas colocadas, constantemente, debajo del agua o en un terreno muy húmedo; al aire también se endurece, pero su comportamiento no es tan bueno, pues se pulveriza y se agrieta por la acción de las heladas. Agregándole cierta cantidad de arena, el fraguado es más lento, pero el mortero es menos heladizo y, al mismo tiempo, más económico.

El *mortero de cal hidráulica* presenta tres cualidades distintas: *eminentemente hidráulico,* cuando fragua tres días después de la inmersión; *hidráulico,* si fragua del cuarto al octavo día; *medianamente hidráulico,* si lo hace entre el décimo y el vigésimo día después de la inmersión. Al cabo de un año, el primer mortero alcanza la dureza del ladrillo; el segundo la de la piedra blanda, y el tercero la del jabón; la dureza sigue aumentando con el tiempo.

PREPARACIÓN.—La preparación de los morteros se hace a mano o mecánicamente.

A mano, se efectúa sobre una superficie entablada, para evitar la mezcla de materias extrañas, en un sitio cubierto y abrigado por todos lados, a fin de que no lo deseque el sol ni lo diluyan las lluvias.

Si la cal está en pasta y se ha endurecido, es preciso triturarla con el pilón, sin agua; si está en polvo, se extiende en capa de unos diez centímetros de espesor. Se agrega la cantidad de agua necesaria (30 ó 40 litros por hectolitro de cal) a medida que se necesite, hasta que se obtenga una pasta trabada y bien homogénea. Una vez obtenida la pasta de cal, se le va añadiendo, gradualmente, arena hasta llegar a la cantidad indicada por la dosificación y se agita la mezcla con batideras, que el operario acerca y aleja de sí alternativamente. Es preciso evitar cuidadosamente el exceso de agua; el mortero debe amasarse duro, pues así tiene más cohesión, se adhiere mejor a las piedras y ladrillos y traba mejor la fábrica.

Cuando se emplea la cal en polvo, también puede hacerse en seco la mezcla de la cal con la arena, echando después el agua estrictamente necesaria por medio de una regadera y deshaciendo, desde luego, los terrones que se formen.

Es conveniente no preparar más que la cantidad de mortero que se pueda emplear en una misma jornada, a fin de evitar una desecación que perjudicaría mucho su calidad.

Hemos dicho que el mortero debe ser bastante consistente: esta consistencia debe ser casi la de la arcilla empleada en la fabricación de ladrillos. Se reconoce que un mortero de cal tiene consistencia suficiente, cuando permanece sobre la llana sin que se abata por

completo y también cuando—formando con el mortero una bola de unos diez centímetros de diámetro—no se deforma por la acción de su propio peso.

El secreto de una buena fábrica—según Vicat—está contenido en este precepto: *mortero seco* y *materiales mojados*. Ahora bien, no es raro que se proceda a la inversa, pues los albañiles suelen preferir el mortero fluído y la piedra o el ladrillo secos; esto es un error, pues los materiales secos absorben bien pronto la pequeña cantidad de agua que contiene el mortero; después, ambos se desecan separadamente; el mortero, empobrecido de agua, se convierte casi en polvo y la cohesión que se quiere obtener no se produce más que parcialmente, allí donde por una causa cualquiera el agua no haya sido completamente absorbida.

También se debe mojar la arena, si ésta no ha sido lavada inmediatamente antes de su empleo. Pero, si bien los morteros de cal hidráulica no deben nunca reblandecerse por la adición de agua, no pasa lo mismo con los de cal grasa, que son mejores cuando el amasado se efectúa en varias veces, es decir, cuando se fabrican de antemano, para reblandecerlos después — a medida que se emplean — por adición de agua, pues de este modo absorben la mayor cantidad posible de ácido carbónico. Cuando un mortero hidráulico se ha mojado por la lluvia, se puede, si se juzga conveniente, amasarlo de nuevo con cal en polvo (apagada por inmersión) en cantidad suficiente para darle la consistencia debida.

La *preparación mecánica tiene lugar en aparatos mezcladores*, consistentes, por ejemplo, en un tonel de encina con aros de hierro, que tiene 1,00 m de altura por 1,00 m de diámetro en su parte superior y 0,90 m de diámetro en la parte inferior. Este tonel tiene, junto al fondo, una compuerta de corredera que sirve para dar salida al mortero; dentro de él gira un árbol vertical con varios rastrillos distribuídos en hélice; otros rastrillos, de hierro como los anteriores, se hallan fijados a las paredes interiores del tonel y dispuestos de modo que se entrecrucen con los del árbol. El eje vertical está, además, provisto de discos de fundición que aplastan el mortero contra el fondo del tonel; dicho eje se pone en movimiento por caballerías o por una máquina de vapor. Para preparar el mortero se echan en el tonel, alternativamente, la cal en pasta y la arena en las proporciones prescritas. La cal debe convertirse, previamente, en pasta blanda sin adición de agua. Si la cal está en polvo, se empieza por mezclar la cal y la arena sobre un entablado y en las proporciones indicadas; después, se echa la mezcla en el tonel y, al mismo tiempo, la cantidad de agua conveniente y se regula la abertura de descarga, para que la mezcla tenga la homogeneidad necesaria.

Cementos.—En construcción se da el nombre de *cementos* a substancias que, mezcladas con la cal grasa, tienen la propiedad de hacerla hidráulica; tales son la puzolana (natural o artificial), las tejas y ladrillos triturados y las cenizas de hulla mezcladas con el polvo de cal procedente de los hornos donde se hace la calcinación.

CEMENTOS NATURALES.—Se les da también el nombre de *cementos romanos* y, en realidad, no son otra cosa que cales límites que poseen en grado máximo las cualidades de las cales hidráulicas.

Cuando la proporción de arcilla contenida en las calizas oscila de 23 a 40 %, los productos de la cocción dan lugar a morteros que fraguan en quince o veinte minutos, o bien en dos o cuatro horas, según el grado de cocción y la naturaleza de las calizas. El cemento se llama *de fraguado rápido* cuando se endurece en pocos minutos. Es *de fraguado lento* cuando no lo hace sino después de un espacio de tiempo, variable entre ocho y dieciocho horas: después de 120 horas debe adquirir la suficiente resistencia para soportar una presión de 20 Kg/cm^2. El *cemento pórtland* es un cemento de fraguado lento; estos cementos adquieren en poco tiempo una dureza mucho mayor que los de fraguado rápido.

Los colores del cemento son: pardo obscuro, pardo claro, gris, amarillo, etc.; estos colores no tienen influencia sobre la calidad del material y son debidos a la presencia de óxido de hierro en la arcilla. El cemento convierte en hidráulicas las cales grasas y aumenta la hidraulicidad de las cales áridas.

PUZOLANAS.—Las puzolanas son piedras volcánicas, cuyo nombre viene de Puzoles, población cercana a Nápoles, donde se encuentra en gran cantidad, como también en los países montañosos donde han existido volcanes. Estas puzolanas *naturales* están compuestas esencialmente por sílice, alúmina y peróxido de hierro, a los que se unen, según las circunstancias, la magnesia, la cal, la potasa o la sosa.

Otras puzolanas no volcánicas tienen por base la sílice y la alúmina, a las que se agregan ciertas materias extrañas.

CEMENTO HIDRÁULICO.—Cuando las calizas contienen de 57 a 84 partes de arcilla por 43 a 16 de carbonato cálcico, dan por calcinación un producto compuesto de 70 a 90 partes de arcilla y 30 a 10 partes de cal. Este producto es una puzolana artificial o *cemento hidráulico,* es demasiado árido para entumecerse y formar pasta con el agua, aun después de pulverizado. Reducido a polvo y mezclado con cal grasa, produce un mortero hidráulico de endurecimiento rápido.

CEMENTO ORDINARIO. — No es más que una puzolana artificial obtenida pulverizando y tamizando arcilla cocida; es el

cemento de tejoletas. Los residuos de ladrillos no dan tan buen resultado como los de tejas y botes cuyas tierras, por ser más puras, contienen de 90 a 100 partes de arcilla y 10 de cal, aproximadamente.

Morteros de cemento. — Véanse acerca del particular el artículo con este mismo título de la página 32 y la tabla de la página 33.

Un metro cúbico de cemento en polvo de 0,96 de densidad, convertido en mortero sin mezcla de arena, pierde 17 °/₀ de su volumen y da solamente 0,83 m^3 de mortero.

Hormigón.—Se ha estudiado ya este material—que mejor puede considerarse como fábrica—en la página 34 (véase también su composición para obras de cemento armado, página 187). Nos falta, solamente, añadir algunas consideraciones generales.

La mayor dimensión de la piedra partida debe hallarse comprendida entre 3 y 4 cm, no debiendo pasar de 5 cm; ha de tenerse cuidado de lavarla perfectamente, para quitar las materias terrosas que impedirían la adherencia del mortero. Para efectuar este lavado se emplea algunas veces una carretilla, cuyo fondo tenga una tela metálica; echando agua, las tierras son arrastradas. No obstante, no se obtiene un buen lavado sino cuando se remueve la grava al mismo tiempo que se va echando el agua.

Se extiende por capas de 20 cm de espesor y se apisona bien cada capa, para obtener todo el asiento posible del material. El hormigón puede considerarse como totalmente incompresible cuando ha sido bien apisonado. Fragua en masa en un tiempo más o menos largo, según la calidad de las cales o de los cementos que constituyen su parte esencial.

Cuando se quiere cargar en seguida un cimiento de hormigón recién hecho, es necesario estar muy seguro de la solidez de las paredes de la zanja que lo contiene. Si estas paredes pueden ceder y el hormigón es susceptible de penetrar lateralmente en el terreno, la cimentación quedaría comprometida.

No conviene hacer el hormigón con cementos de fraguado rápido, pues la compacidad de aquél no puede obtenerse más que apisonándolo antes del fraguado y, si éste ha comenzado ya, el apisonamiento lo perturba dando lugar a una obra poco resistente. Cuando no se quiere emplear cemento romano puro, para economizar gasto, se puede hacer uso de una mezcla de cal y de cemento lento. Si se quieren cargar en seguida unos cimientos de hormigón, siendo poco resistentes las paredes de la zanja, no hay más remedio que emplear cementos de fraguado lento con preferencia a las cales ordinarias.

COMPOSICIÓN DEL HORMIGÓN EMPLEADO EN ALGUNAS OBRAS NOTABLES
(según HUGUENIN)

CONSTRUCCIONES	Cemento	Cal	Arena	Trass	Grava	OBSERVACIONES
			volúmenes			
Puente sobre el Oder	1	—	3	—	4	
Puentes de Berlín	1	—	3	—	6	
	1	—	4	—	8	
Puente de Offenburgo	—	3	5	1	16	
Escuela o establecimiento militar de natación de Carlsruhe	3	—	9	1	12	
	3	—	10	1	15	
Puente cerca de Jena	—	14	29	—	50	Piedra partida: 7.
» » de Rouen	6	19	33	—	15	Gravilla.
» » de Marbue	—	—	12	—	11	
» de Londres	—	2	4	—	8	
	3	—	5	—	4	Polvo de ladrillos: 3.
Esclusas del Rhur	5	—	1	—	12	

Piedra artificial.—En ciertas comarcas, resulta casi tan difícil obtener buena piedra de construcción como arcillas adecuadas para la fabricación del ladrillo. Se recurre, entonces, a reemplazar la piedra natural por una imitación de calidad suficiente y cuyo aspecto sea lo bastante bueno.

La piedra artificial no es más que un hormigón compuesto por una mezcla de arena, cal hidráulica y cemento portland; los primeros ensayos se deben a Coignet, quien, hacia el año 1850, levantó construcciones monolíticas de hormigón moldeadas, por decirlo así, a medida que se elevaban; el hormigón se echaba por tongadas y se apisonaba a brazo.

Hoy, la piedra artificial se comprime con el pilón o en prensas hidráulicas.

La pasta debe reunir las mismas condiciones que se exigen de un buen mortero, la cantidad de agua empleada debe ser la estrictamente necesaria. La mezcla, ligeramente húmeda, se amasa enérgicamente en aparatos especiales y, gracias a ser la mezcla poco fluída, cada grano de arena resulta envuelto por una película de materia aglomerante, que es precisamente el ideal.

Como se ve, la piedra artificial exige tan sólo la cantidad de agua estrictamente necesaria, amasado enérgico que asegure una mezcla perfecta y, finalmente, aproximación de todas las partículas, que se obtiene por apisonado o por una potente compresión. La calidad de la piedra artificial varía con la de los materiales empleados y con la perfección de la mano de obra; la dosificación es muy importante. Las cales ordinarias no son, por sí mismas, de fraguado suficientemente rápido, por lo que, a menudo, se añade cierta cantidad de cemento portland. Pero esta adición es inútil cuando se pueden utilizar cales eminentemente hidráu-

licas. La dosificación varía, también, un poco con la calidad de la arena.

Veamos la dosificación adoptada para obras públicas, alcantarillados, muros de sostenimiento, depósitos, etc.:

arena de río o de llanura	1,00 m^3
cal ordinaria	125 Kg
cemento portland	50 »

O también:

arena de río o de llanura	1,00 m^3
cal eminentemente hidráulica	175 Kg

Los materiales se reúnen, se riegan y se revuelven, después se colocan en una mezcladora que es la que efectúa el amasado.

Por medio del moldeo se obtienen piezas de forma cualquiera: dovelas, jambas, cornisas, etc.

Tapial.—El tapial es, tal vez, la fábrica más antigua que se conoce. Es una masa monolítica, especie de hormigón de arcilla, formada con tierra franca moldeada entre dos paredes de madera formando un encofrado. Ni la arcilla ni la arena solas sirven para el tapial, si no se les agrega una tercera parte, por lo menos, de tierra franca; ésta se reconoce fácilmente porque conserva la forma que le da la compresión de la mano.

Para hacer el tapial, se excava la tierra y se pasa por una criba para extraer las piedras, después se riega ligeramente, removiendo con una pala para humedecerla de un modo uniforme.

El molde o encofrado lo forman dos tableros móviles de 2,00 × × 0,80 m aproximadamente, separados por riostras de longitud igual al espesor del muro que se quiere construir y apretadas por medio de pernos. Una vez dispuesto el encofrado, se echa cierta cantidad de tierra, que se apisona con fuerza; luego, dejando provisionalmente los pernos, se quitan las riostras para apisonar una segunda capa o tongada, y así sucesivamente.

Las uniones de las capas deben hacerse según planos inclinados a 45° y alternados; en los ángulos o esquinas, las capas de ambas paredes también deben cruzarse alternativamente.

Se comprende que este género de construcciones es muy sensible a la humedad; por esta razón, ordinariamente, se elevan sobre un basamento de mampostería o de ladrillos. También deben ser de fábrica consistente los cercos de los vanos.

Después de bien seco, se cubre el tapial con un enlucido de yeso o de mortero.

He aquí algunas proporciones para la composición del tapial:

a) 4 partes de arcilla, 1 de arena y 1 de gravilla;
b) 2 partes de arcilla, 1 de arena y 2 de tierra vegetal;
c) 1 parte de arcilla, 1 de gravilla y 2 de tierra vegetal.

En algunas comarcas se agregan a la tierra que constituye el tapial elementos de trabazón, como paja, cáñamo, etc.

Yeso.—El *algez* o *piedra de yeso* es un sulfato de cal hidratado; está compuesto de un 46 °/₀ de ácido sulfúrico, 32 °/₀ de cal y 22 °/₀ de agua. Pero el algez rara vez es puro, pues suele ir mezclado con carbonato cálcico.

Si se calienta el algez a una temperatura que no pase de uno 120°, el agua de cristalización se evapora, la piedra se convierte en friable y se reduce fácilmente a polvo, pero conserva el ácido sulfúrico que permanece combinado con la cal. El *yeso* es, pues, un sulfato anhidro de cal.

Es una substancia blanca que recuerda a la creta, que no es cáustica y que puede manejarse sin ningún peligro.

Amasado con cierta cantidad de agua, el yeso fragua en seguida y adquiere una mediana dureza; durante la primera hora que sigue a su empleo, puede tallarse como el alabastro. El yeso se comporta mal, bajo la acción de la lluvia o de la humedad, pero presta grandes servicios en los forjados, enlucidos y cielorrasos, así como en todos los tabiques ligeros de distribución.

El yeso se emplea (menos en la planta baja) para trabar los mampuestos y los ladrillos; para colocar los ladrillos, losas, baldosas, etc.; para correr molduras, etc.

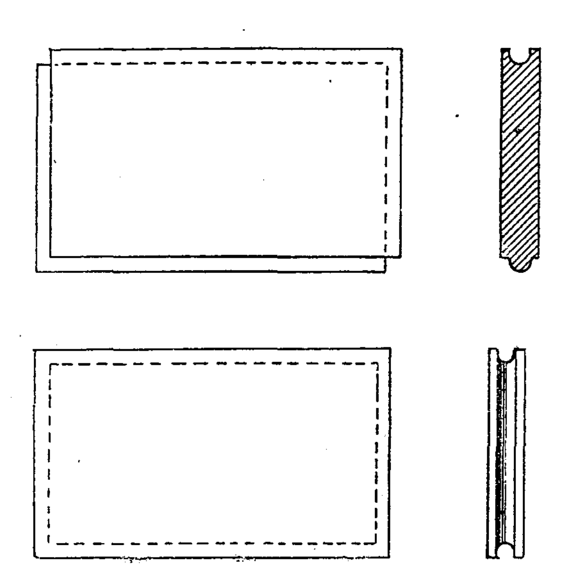
Mortero de yeso.—Véase el artículo correspondiente, con este mismo título, en la página 30.

Estuco.—Se distinguen dos clases de estuco, el *estuco de cal* y el *estuco de yeso*. Véase sobre el particular lo indicado en la página 33.

Debemos mencionar también un *estuco mixto* que se obtiene amasando juntos cal y yeso; puede emplearse en el exterior.

Ladrillos de yeso.—Prestan grandes servicios para la construcción de tabiques ligeros de 8 cm de espesor (comprendido el de los enlucidos) y también de 13 y de 20 cm. Estos ladrillos se fabrican en moldes articulados de madera o de hierro, mezclando con el yeso fluído yesones o escorias. Los ladrillos bien hechos llevan, en dos de sus lados, un junquillo o lengüeta de mediacaña y en los otros dos

una ranura de modo que se ensamblen bien unos con otros (figs. 1650 y 1651). En la actualidad se fabrican con dos caras rugosas, moldeadas sobre esparto, lo que asegura la adherencia completa con el mortero.



Figs. 1650 a 1653.—Ladrillos de yeso.

También se fabrican ladrillos con rebajos en los cuatro lados (figuras 1652 y 1653) y, entonces, el mortero mismo forma una especie de lengüeta que impide el movimiento.

Los ladrillos de yeso tienen generalmente 50 × 30 × 5 cm y, una vez aplicado el revoque a sus dos caras, quedan de 8 cm de espesor. También se fabrican de 70 × 50 ×6,5 cm que dan un espesor de 9,5 ó 10 cm.

ASFALTO, BETÚN

Asfalto.—Es una substancia sólida, plástica o líquida, pero que siempre puede reducirse a este último estado por el calor; tiene color obscuro, aspecto reluciente, es inodoro, pero al arder desprende un intenso olor empireumático. El asfalto es una caliza bituminosa, una roca caliza porosa impregnada, naturalmente y de una manera muy íntima, con cierta cantidad de betún, cantidad que oscila entre el seis y el doce por ciento. Por medio del calor se extrae el betún de la roca asfáltica.

Betún.—Es una substancia compuesta de carbono, hidrógeno y oxígeno; es un carburo de hidrógeno y sirve para fabricar los mástiques bituminosos que se emplean en las construcciones.

Mástique bituminoso.—Es una mezcla de betún y de roca asfáltica pulverizada, en la proporción de 10 a 15 partes de betún por 90 a 85 de roca. Mezclado con arena, este mástique se emplea para pavimentar las aceras y azoteas, para chapas, etc.; su densidad varía entre 1,10 y 1,50; se funde a unos 100°.

Betún artificial.—Está compuesto por 4,5 litros de alquitrán de hulla, 0,7 Kg de colofonia y 0,005 m^3 de cal; estas cantidades dan la de betún necesaria para una superficie de un metro cuadrado.

Coaltar o alquitrán mineral.—Es una materia viscosa producida por la destilación de la hulla; es un carburo de hidrógeno lo mismo que el betún.

BREA. — Es una materia resinosa procedente de la descomposición de ciertas maderas. La brea seca es parda o rojiza; su corte es vítreo; mezclada con el coaltar resulta más grasa.

MADERAS

Generalidades.—La madera es el material que primero utilizó el hombre en la construcción de su vivienda y, en la actualidad, es todavía universalmente empleada.

Se distinguen: *maderas duras* (la encina, el olmo, el haya, el fresno, el castaño, el nogal, el carpe, el aliso, etc.); *maderas blandas* o *blancas* (el tilo, el manzano, el plátano, el arce, etc.); *maderas resinosas,* de árboles con hoja persistente—así llamados porque conservan casi todas sus hojas en invierno — como: el abeto, el pino, el pitchpine y el alerce. Estas maderas son tanto mejores para la construcción cuanto más cargadas de resina; aquellas de las que se ha extraído esta substancia (por medio de incisiones en el árbol) resultan más blandas y quebradizas.

Todos los árboles, sea cualquiera la especie a que pertenezcan, presentan en sección una serie de capas concéntricas, tanto más apretadas cuanto más dura es la madera. La edad de un árbol se reconoce por el número de anillos o capas concéntricas, pues cada año se forma una. Estas capas están a su vez envueltas por la *albura,* que es madera blanda en formación (múy atacable por los gusanos) y esta última va cubierta por la *corteza,* substancia blanda, llena de grietas, constituída por el *líber* en su parte interior y por la *epidermis* exterior.

La tala de las maderas se hace en invierno, de octubre a marzo. Se llaman *rollizos* las maderas descortezadas y cortadas en trozos, así como *maderas de raja* o *maderas de sierra* aquellas a las cuales se ha dado—por medio del hacha o de la sierra, respectivamente—una forma cuadrada, sin que por esto se haya quitado la albura por completo.

Las maderas de construcción se conservan indefinidamente si—después de descortezadas y aserradas—se sumergen, durante unos días, en lechada de cal y si se les da un enlucido completo con ella. Se aumentará en un sexto la resistencia de las maderas, descortezándolas algunos meses antes de su tala. Esta operación debe hacerse cuando el árbol está en plena savia, en mayo por ejemplo, para cortarlos en otoño.

Encina. — La madera de encina presenta un color amarillo obscuro uniforme, que se aclara un poco hacia la periferia. Este color se ennegrece si la madera está expuesta largo tiempo al aire o sumer-

gida en el agua. Tiene gran importancia en construcción; es duradera y resistente; su densidad se aproxima a la del agua y a veces la rebasa, como sucede con la madera del corazón, que llega a 1,17.

Cuando ha de quedar sumergida en el agua, puede emplearse la encina verde, pero, para utilizarla al aire libre, debe ser seca y cortada varios años antes.

Haya. — Es compacta y dura, propia para la construcción y para la carpintería de taller, pero principalmente se emplea para muebles rústicos; su color es leonado muy claro y su densidad de 0,696.

Olmo. — Su madera es de un color castañorrojizo, compacta, resistente, ligera y muy dura; sin embargo, sus fibras casi siempre están onduladas o torcidas y, por ello, es difícil de trabajar y expuesta a deformarse. Además, fácilmente la atacan los gusanos. Se emplea en la carpintería de armar, para obras de poca duración, cimbras por ejemplo; en carretería, se hacen con ella los cubos y pinas de las ruedas, tornillos de madera, etc. Presenta una gran tenacidad y su peso específico es de 0,553.

Fresno.—Es el árbol que da la madera más flexible; ésta es de color blanco, con rayas amarillentas en la separación de las capas concéntricas. Sus fibras apretadas con el tiempo se endurecen, pero, sobre todo, resultan muy difíciles de trabajar con el cepillo. Su ligereza y su mucha resistencia hacen de ella una madera estimada en carretería. Su densidad es de 0,76.

Carpe.—Es una madera de color blancogrisáceo, con cierta tendencia al amarillo, muy dura y muy compacta. Es muy conveniente para emplearla donde se produzca un rozamiento; con ella se hacen excelentes correderas, dientes de engranaje, piezas de carretería y torneadas, etc. Su peso específico es de 0,752.

Castaño.—Recuerda a la encina por alguna de sus cualidades; su madera es dura, compacta y bastante resistente; dentro del agua adquiere una gran dureza, conservándose indefinidamente; en el aire envejece pronto, volviéndose quebradiza y agrietándose. Los gusanos la atacan muy pronto y, empotrada en los muros, se pudre rápidamente. Es madera muy leñosa que se presta para los trabajos en que se necesiten maderas curvadas; sirve para tonelería y para los enrejados. Su peso específico es de 0,652.

Aliso.—Crece a orilla de los ríos y en los sitios húmedos; su textura es fina y apretada, tiene un hermoso color y se puede trabajar

bien. Es muy conveniente para pilotes porque se conserva bien debajo del agua. Su densidad es de 0,608.

Tilo. — Es una de las mejores maderas blandas, tanto por la dureza como por la solidez; es fina, blanca, se corta bien, se retuerce muy poco, no es atacable por los gusanos y sirve para ciertos trabajos de carpintería de taller. Peso específico: 0,687.

Abedul.—Suministra una madera blanda, de color blancorrojizo, de estructura compacta, con fibras finas y rectas. A falta de otra madera, se pueden hacer con ella piezas pequeñas para carpintería de armar, pero conviene mejor para carretería, para árboles de tornos y cabrestantes, etc. Su peso específico es de 0,688.

Álamo. — Da una madera blanda, homogénea, fácil de trabajar, muy ligera, pero también de poca duración y de escasa resistencia. Se emplea, principalmente, en carpintería de taller. El *álamo temblón* es una variedad de poca altura y que crece rápidamente; su madera es muy blanda y no puede utilizarse sino en las obras más ordinarias. Se distinguen tres especies de álamos: el de *Italia,* muy esbelto, cuyo follaje forma un inmenso cono, con densidad de 0,371 a 0,414; el *álamo blanco,* de fibras finas y peso de 0,528 a 0,614, y el *álamo de Holanda,* que es la especie más estimada con cuya madera se hacen armazones para trabajos poco importantes y sobre todo obras de carpintería de taller.

Plátano. — Se divide en dos variedades distintas: el *plátano de Oriente,* llamado vulgarmente *sicomoro,* cuyo peso específico varía entre 0,700 y 0,714, y el *plátano de Occidente,* cuya densidad vale de 0,538 a 0,648. La madera del plátano tiene cierta analogía con la del haya, pero es más obscura y de menos dureza. Es muy compacta y susceptible de pulimentarse y se presta muy bien para las molduras finas, pero es atacable por los gusanos; en cambio, debajo del agua resiste bien.

Abeto. — Es un árbol resinoso de la familia de las coníferas que conserva sus hojas en invierno, de tronco elevado recto y corteza lisa; su madera es de color amarillo claro o amarillorrojizo; sus fibras son recias. Es madera blanca y fácil de trabajar; se emplea en los mismos trabajos de carpintería de armar y de taller que la encina: para vigas, viguetas, suelos, entramados, etc. Puede conservarse debajo del agua y emplearse para pilotos si contiene la resina; en cambio, si el árbol ha sido sangrado, su tejido resulta blanco, su densidad disminuye, llega a ser muy quebradiza y no puede emplearse más que en los trabajos interiores que no exijan mucha resistencia

y al abrigo de la humedad. Contiene mucha resina, es elástica y ligera, resiste bien a la compresión y puede emplearse para armaduras de cubiertas.

Hay varias especies: *abeto común*, llamado también abeto blanco o abeto plateado, que es un árbol muy elevado, regular, recto o cónico; *abeto del Canadá*, árbol elevado como el anterior, pero de tronco menos recto; *abeto de los Vosgos, abeto de Noruega, abeto del Norte*, de color rojo, que es el mejor de todos los abetos. Cuando no ha sido sangrado, la resina que contiene llena sus poros, da matices más bellos a sus fibras y aumenta su solidez; los *abetos rojos*, llamados de Riga, que proceden de Prusia oriental y de Rusia, tienen las fibras apretadas y un bonito color rosa, sobre el cual se destacan con intensidad los nudos y las venas. Son excelentes para las obras de carpintería de taller.

La altura total del abeto varía de quince a cuarenta metros; la del tronco de ocho a treinta; el diámetro medio es de 1,20 m aproximadamente.

El peso específico de la madera de abeto es muy variable, oscila entre 0,464 y 0,753.

Pino. — Es más resinoso que el abeto, pero menos recto; en general sus propiedades son análogas a las del abeto, aunque la calidad es inferior.

Pitchpine.—Es una madera de los Estados Unidos muy cargada de resina, con gruesas venas de color tierra de siena o amarillo claro. Con esta madera se hacen hermosos entarimados, pero, por causa de la resina, el trabajo es más difícil. La densidad es de 0,6 aproximadamente.

Alerce. — Es otra variedad del pino. Se encuentra en los Alpes, en Alemania y en Rusia; alcanza treinta metros de altura y su madera es de mayor duración que la de los demás pinos. Es menos dura y más tenaz que la encina, se trabaja más fácilmente que ella y resiste bien a los agentes atmosféricos, así como a la pudrición. Debajo del agua su duración es indefinida y adquiere una dureza muy grande. Arde lenta y difícilmente. Su densidad es de 0,543.

Se comprenden bajo la denominación de *maderas finas* aquellas que no se emplean ordinariamente en la construcción, a causa de su escasez y de lo elevado de su precio. Vamos a examinar, rápidamente, las principales.

Caoba. — La caoba se encuentra originariamente en la India y en la América meridional. Es de color obscuro o matizado de ama-

rillo y de blanco, obscureciéndose más con el tiempo. Las diversas especies se distinguen por el dibujo de las vetas; así, hay caoba lisa, caoba moaré y caoba zarza. Esta madera se emplea muy raras veces, no siendo en los chapeados. Densidad: 0,900 poco más o menos.

Boj.—En ciertos climas: en Cerdeña, en Córcega y en Menorca, alcanza una altura de treinta metros. Su madera es de un color amarillo pálido, tan compacta como la de las maderas exóticas y con densidad superior a la del agua; es sumamente dura, siempre está exenta de caries y de grietas, por lo que es muy solicitada para obras de torno y de ebanistería, sobre todo la raíz, que tiene vetas muy bonitas. La densidad varía entre 0,912 y 1,328.

Campeche.—Se llama también madera de la India, pero es natural de América. Produce un hermoso tinte rojo que se emplea mucho.

Cedro.—Los antiguos semitas empleaban mucho el cedro; en la actualidad también lo emplean los árabes y otros pueblos orientales. Crece espontáneamente en una planicie situada entre las cimas del Líbano y no se encuentra silvestre en ningún otro país. Pertenece a la familia de las coníferas, es de aspecto noble y majestuoso; su tronco no se eleva a gran altura, pero sus potentes ramas se extienden mucho y se pueblan de follaje siempre verde. Su madera es resinosa, de color blancorrojizo y surcada de líneas obscuras bastante rectas, muy dura, casi incorruptible y muy aromática. Su peso específico varía entre 0,561 y 0,596 aproximadamente.

Limonero. — Procede de la India oriental; es un arbusto que no pasa de cuatro o cinco metros de altura, cuya madera, de un color blancoamarillento, no sirve por sus pequeñas dimensiones sino para construir objetos de adorno. Es bastante aromática. Su densidad oscila alrededor de la del agua.

Ciprés.—De la familia de las coníferas, proporciona una madera dura, resinosa y compacta, de color pálido con vetas rojas. Puede recibir un bonito pulimento y se considera casi como imputrescible. Densidad: de 0,644 a 0,650 aproximadamente.

Ébano.—El ébano es originario de la India y de África. Proporciona una hermosa madera negra, muy dura y muy densa (el peso específico del ébano de la India se halla comprendido entre 1,2 y 1,331) y se presta bien al pulimento. En la India y en Ceilán se hacen muy bonitos trabajos de ébano con incrustaciones de marfil. En Europa, ha dado su nombre a la ebanistería, que lo emplea mucho, tanto en los entari-

mados de taracea como para los muebles. En estos tiempos de imitación desenfrenada, se imita el ébano con la madera del peral teñida, pero este producto no tiene ni la dureza ni la densidad del ébano.

Arce.—Es un árbol de gran altura y esbeltez. Su madera es dura, algo amarillenta y de color pardo hacia el corazón; el más bonito es el arce sicomoro, de color amarillo matizado de pardo, de un dibujo que recuerda un poco los vermiculados. Es buscado por los guitarreros y por los ebanistas; adquiere un pulimento muy bonito y no es atacado por los gusanos; su peso específico es de 0,618 para el *arce plano,* de 0,730 para el *arce campestre,* de 0,753 a 0,775 para el *arce duro.*

Guayaco. — Arbol de la América meridional que pertenece a la familia de las rutáceas. Su madera es de color pardo con algunas vetas amarillas, muy pesada (densidad 1,34) y muy dura. Se emplea siempre que se necesita una gran resistencia (sea desde el punto de vista de la tenacidad, o bien cuando se trata de oponerse al desgaste) tanto en mecánica como en carpintería de taller; en los muebles no se emplea apenas, salvo para construir ruletas.

Tejo. — Es un árbol verde, de la familia de las coníferas, originario de la China y del Japón; actualmente está extendido por toda Europa. Proporciona una bonita madera roja, veteada, muy dura, que admite un hermoso pulimento. Según los países, su peso específico varía de 0,77 a 0,815. Es muy empleada en ebanistería en los trabajos torneados, para los cuales su color es precioso.

Nogal. — Pertenece a la familia de las balaníferas y su prototipo es un árbol originario del Asia, muy extendido en la actualidad en Europa, donde se cultiva por sus frutos y sobre todo por su madera. Esta última es pardusca, ligeramente veteada y de textura fina; es fácil de trabajar, se puede pulir bien y no se agrieta. Es muy atacable por la carcoma y se corrompe fácilmente en el agua. Se emplea mucho en la ornamentación, en los revestimientos interiores y en los modelos destinados a la fundición. Su peso varía, según la procedencia, de 0,600 a 0,775.

Tuya.—Árbol de la China, muy empleado en ebanistería, a causa de los dibujos extremadamente variados que presentan sus cortes. Su madera tiene una densidad de 0,570, es muy aromática (era empleada como incienso) y su color es amarillorrojizo muy jaspeado.

Conservación de las maderas.—Expuestas al contacto de los agentes atmosféricos y a las alternativas de sequedad y de humedad,

las maderas se alteran, se pudren y por fin se pulverizan. Las causas principales son: la humedad, que engendra la *pudrición,* el *moho* y las *vegetaciones parásitas;* la fermentación de la savia, que da lugar al *calentamiento* y a la *caries seca;* la perforación, producida en los tejidos leñosos por las larvas de una serie especial de insectos (generalmente coleópteros, que se llaman *carcomas)* cuando la madera está al aire, o por moluscos, cuyo prototipo es el *teredo,* en las que se hallan debajo del agua.

Los medios preventivos, más convenientes, para impedir la destrucción de las maderas son los siguientes.

DESECACIÓN NATURAL.—Consiste en proteger la madera contra el sol y la lluvia y dejarla secar al aire libre, por término medio durante dos años, si tiene que ser empleada en trabajos de carpintería de armar, y de cuatro años si debe emplearse en la carpintería de taller. La corta de las maderas se debe hacer en la época de mínima circulación de la savia, es decir, en nuestros climas del 15 de noviembre al 15 de diciembre.

DESECACIÓN ARTIFICIAL. — Tiene lugar en cámaras de calor o en estufas. La temperatura necesaria es de 40° para la encina, 30 ó 40° para los árboles de especies frondosas, 80 ó 90° para las coníferas.

tiempo que requiere la desecación	=	1	2	3	4	7	10	semanas
para un espesor	=	2,5	5	7,5	10	15	20	cm

La desecación en estufa por circulación de humos conviene, sobre todo, para las maderas que contienen ácido piroleñoso, como: la encina, el haya, el nogal, el olmo, el fresno, etc.

FLOTACIÓN. — En los países montañosos se tiene la costumbre de hacer flotar las maderas, es decir, utilizar los cursos de agua para transportar económicamente los productos de los bosques desde los sitios de tala a los de consumo. La inmersión debe durar de tres a cuatro meses, tiempo suficiente para que el agua substituya a la savia putrescible. La flotación se practica principalmente con las maderas duras y, en particular, con la encina. Puede hacerse en agua corriente o en agua estancada, pero nunca en el agua de mar, pues las convertiría en muy putrescibles.

CARBONIZACIÓN. — Es un procedimiento muy conocido que consiste sencillamente en quemar la madera superficialmente, con lo que se forma una película debajo de la cual la madera presenta una capa pardusca, tostada, que contiene creosota.

INYECCIÓN CON LÍQUIDOS ANTISÉPTICOS. — Se han preconizado diversos líquidos; los más conocidos son los siguientes:

Inyección con sulfato de cobre. — Se emplea una disolución de esta sal en cincuenta partes de agua, inyectándola en la madera con una presión de ocho a diez atmósferas.

Inyección con cloruro de zinc. — Se emplea una disolución al 1 por 24; las maderas se someten a la acción del vapor durante una o dos horas, luego se hace el vacío sosteniéndolo durante una o dos horas más y, por fin, se sumergen en la solución de cloruro de zinc durante una o dos horas, a una presión de ocho atmósferas.

Inmersión en sublimado corrosivo. — Solución compuesta de una parte de sublimado corrosivo y cincuenta de agua; las maderas deben estar sumergidas en ella de ocho a diez días.

Inyección con creosota.—La creosota hierve a 235° centígrados; penetra, sin dejar residuo grasiento, en las maderas previamente desecadas. Se empieza por someter las maderas a la desecación, durante una hora aproximadamente, y se inmergen en la creosota, a una presión de ocho atmósferas, durante dos horas.

CONSERVACIÓN DE LAS OBRAS DE MADERA. — Tiene lugar por la aplicación de pinturas grasas, de minio, de alquitrán, etc. Pero estos procedimientos no son más que exteriores y lo que importa es que los fermentos de destrucción, que contiene la madera, sean esterilizados de antemano por los medios que se han explicado antes.

METALES

Los metales principalmente empleados en la construcción son el hierro, la fundición, el acero, el cobre, el plomo, el estaño, el zinc y diversas aleaciones.

Hierro dulce.—El hierro está muy extendido en la naturaleza; se encuentra en todas las formaciones geológicas, combinado con el oxígeno, con el azufre, con el níquel, etc.

Los minerales principalmente empleados son: el *hierro magnético,* el *hierro oligisto* o peróxido de hierro, la *hematites roja,* el *hierro hidratado* o hematites parda, el *hierro carbonatado* y el *hierro silicioso.*

El mineral más adecuado para la obtención del hierro es siempre un óxido; se encuentra en los terrenos—ya en capas, ya en filones o venas—o diseminado en las arenas o productos de aluvión. Las capas son bastante regulares y paralelas a los planos de estratificación de los terrenos en que se encuentran.

Uno de los procedimientos más antiguos de tratar el mineral consiste en echar juntos en el hogar el mineral y el combustible; con esto se produce una masa compacta que contiene el hierro y las gangas a las cuales está mezclado el mineral; se martillea entonces esta masa para expulsar de ella las escorias. Este es el procedimiento de la *forja catalana.*

La obtención de hierro en gran escala se efectúa en los altos

hornos, agregando al mineral carbonato de cal que hace fusible la ganga; la gran elevación de temperatura produce la combinación del hierro con el carbono, dando lugar a la fundición.

Para convertir esta fundición en hierro dulce, es necesario quitarle el carbono y la sílice por medio de la operación llamada *afinado,* que consiste en descarburar la fundición por la fusión y batirla en el martinete para expulsar las escorias. El *pudelado* se diferencia del *afinado* únicamente por la naturaleza del combustible; el horno de afinar se calienta con carbón vegetal y el de pudelar con hulla. Los hierros obtenidos con carbón de leña son muy superiores.

La fractura del hierro dulce debe ser de grano fino y apretado; la fractura que presente fibras y facetas entremezcladas indica un afinado defectuoso.

La calidad de los hierros depende, naturalmente, de las impurezas contenidas en los minerales (azufre, fósforo, cobre, zinc, etc.). Las principales propiedades del hierro son: ductilidad, maleabilidad, tenacidad, resistencia, etc.

El *hierro dulce* propiamente dicho es el más puro y dúctil; su textura granulosa se convierte en fibrosa por el laminado; es flexible lo mismo en frío que en caliente, pero se quema fácilmente en la forja.

Ciertos hierros, por las substancias que contienen, aun siendo resistentes a los esfuerzos de tracción, son frágiles; sobre todo la sílice les da cierta tendencia a partirse en frío por un golpe brusco: estos hierros se llaman *duros.* La presencia del fósforo hace que los hierros sean *quebradizos en frío;* cuando contiene azufre, el hierro es dulce, dúctil y flexible en frío, forjable al rojo blanco, pero se agrieta al rojo cereza, siendo difícil de soldar y poco resistente.

Los defectos que provienen de la fabricación, aparte de la calidad del metal, son: *pelos* que se levantan en forma de escamas; *dobleces,* sitios donde el hierro no está soldado; *oquedades* o hendiduras transversales, que algunas veces son invisibles desde el exterior; *cenizas,* que dificultan sobre todo el pulimentado.

Los pelos, dobleces y oquedades pueden determinar la rotura de las piezas.

PRINCIPALES PROCEDENCIAS DE LOS HIERROS. — En España, los hierros y aceros proceden, en su mayor parte, de la industria nacional representada por los Altos Hornos de Vizcaya, Fábrica de Mieres, Duro Felguera, Altos Hornos de Santander y Málaga, Sociedad de Construcciones metálicas, etc.

ENSAYOS. — Se hacen en frío y en caliente. En frío: se corta ligeramente el hierro que se ensaya, después, apoyando la pieza sobre el cuerno del yunque, se deja caer la mandarria golpeando

siempre en el mismo sentido. Si el hierro es bueno, la fractura debe presentar un aspecto fibroso, un haz de filamentos con alargamiento bien perceptible y que prueba que el hierro es tenaz. Si, por el contrario, la fractura es de facetas y cristalina, el hierro es quebradizo y malo.

Otro ensayo, mixto, consiste en doblar el hierro unos 30° aproximadamente, a derecha e izquierda del eje de la barra; esto se repite cuatro o cinco veces en frío y en caliente; el hierro que resiste, que no se agrieta y que vuelve a tomar su forma primitiva, puede considerarse como de buena calidad. No debe sorprender que durante estas operaciones el hierro sufra un ligero alargamiento.

La prueba en caliente se compone de tres operaciones: la primera, forjar el hierro en punta aguda; la segunda, reducirlo con el martillo a una lámina ancha de unos seis milímetros de espesor, y finalmente, perforarlo junto al borde, en caliente, sin que se desgarre.

GALVANIZACIÓN. — El defecto que tiene el hierro de oxidarse rápidamente ha hecho que se investigue el mejor sistema de protección; la pintura a base de minio, de plomo o de hierro, de alquitrán, de cerusa, etc.; ha conducido a la idea de un estañado del hierro. Todos los metales inalterables en el aire y en el agua pueden aplicarse sobre el hierro y sobre la fundición.

La galvanización se hace con zinc; la pieza primeramente se sumerge en un ácido para disolver el óxido de hierro: se seca y luego se introduce en un baño de zinc en fusión, de donde se saca ya galvanizada.

La galvanización presta grandes servicios, para las obras de hierro expuestas al aire y al agua, y ha sido objeto de numerosas aplicaciones.

Fundición. — La fundición es un compuesto de hierro y carbono (que entra en la proporción de un dos por ciento, aproximadamente).

La *fundición de primera,* procedente del horno alto y llamada generalmente *lingote,* es muy impura; fundida por segunda vez se purifica y toma el nombre de *fundición de segunda.* Se emplea la fundición de *tercera fusión* para piezas de ornamentación.

La *fundición dulce,* llamada también *fundición gris* o *fundición blanda,* tiene fractura de color gris perla obscuro, su textura es homogénea; es tenaz, resistente, se puede trabajar con la lima y con el cincel; se puede tornear. Tiene cualidades de maleabilidad que permiten forjarla ligeramente para darle el aspecto de hierro forjado.

La *fundición blanca* o *fundición dura* tiene, como su nombre lo indica, un color claro y su fractura es laminar; es muy quebradiza y

tiene casi la dureza del acero templado; sirve para piezas que han de sufrir gran compresión, en masas que puedan utilizarse sin mano de obra de lima o de buril; es más fusible que la fundición gris, pero es menos fluída y no se presta para colar objetos de pequeñas dimensiones o de formas delicadas.

La *fundición atruchada* es una combinación de las dos primeras; su fractura está moteada de puntos grises y blancos. Según las proporciones de la mezcla, tiene las propiedades de la fundición blanca o de la gris.

Hemos observado algunas veces — en piezas fundidas cuya sección presentaba partes grandes y pequeñas — los caracteres de color y de dureza correspondientes a la fundición atruchada, debido seguramente a que la homogeneidad de la mezcla durante la colada era incompleta; así, mientras una parte de la pieza se prestaba al trabajo con la lima, la otra no lo admitía.

FUNDICIÓN MALEABLE. — La fundición maleable, como su nombre indica, es un metal tanto o más maleable que el hierro dulce ordinario.

Las piezas se cuelan con fundición ordinaria; después, son sometidas a una elevada temperatura durante bastante tiempo, con lo que el metal se descarbura, por lo menos en gran parte, y la fundición que era muy difícil de trabajar antes de su descarburación se convierte en dulce, dejándose limar, doblar, etc., como el hierro dulce.

La fundición maleable conviene sobre todo para piezas pequeñas que fácilmente se pueden caldear hasta el alma, a una temperatura suficiente, sin llegar a la de fusión. Se comprende que, en las piezas grandes, las superficies entrarían en fusión antes de que su parte central hubiese llegado a la temperatura conveniente.

Acero.—El acero tiene una composición intermedia entre la del hierro dulce y la de la fundición. Es un hierro combinado con carbono y silicio. El carbono se halla en el acero en la proporción de 6 a 7 $^0/_{00}$; la cantidad de silicio es casi despreciable. Así como el hierro dulce para ser bueno debe ser fibroso, el buen acero debe tener una fractura de grano muy fino y homogéneo. La cualidad característica del acero es la de adquirir *temple,* que hace al acero flexible, elástico, le permite encorvarse bajo un esfuerzo y recuperar su forma primitiva en cuanto cesa el esfuerzo. El temple (más adelante insistiremos sobre este punto) consiste en hacer pasar bruscamente el acero de una temperatura muy alta a otra muy baja; cuanto mayor es esta diferencia, más se endurece el acero.

En estado natural, es decir, antes del temple, el acero es de color gris claro, adquiere un bonito pulimento y es muy brillante (con él se hacían espejos en el siglo XVI); expuesto a la acción del calor, el acero pulimentado adquiere diversas coloraciones, debidas a una oxi-

dación superficial, pasando del amarillo gris al amarillo claro, amarilloanaranjado, pardo, púrpura, azul de Prusia, índigo y verde de agua.

Para distinguir el hierro del acero, se toca este último con ácido nítrico, lo que da lugar a una mancha negra, que no aparece sobre el hierro si se ataca con el mismo ácido; el acero forjado se distingue también del hierro por su sonoridad y por su grano.

Los aceros se clasifican en tres especies, que son: el acero natural o de forja, el acero de cementación y el acero fundido.

El *acero natural* o *acero de forja* se obtiene despojando casi por completo a la fundición del carbono que contiene; sin embargo, el acero obtenido es todavía impuro y presenta poca homogeneidad. Se corrige formando con este acero, cortado en trozos, paquetes que se caldean en un horno — hasta el rojo blanco — y se laminan luego; esta operación se repite varias veces. Este acero se puede soldar consigo mismo y con el hierro.

El *acero de cementación* se obtiene colocando las barras de hierro, destinadas a ser transformadas en acero, en cajas llenas de polvo de carbón que se someten durante varios días a una gran temperatura, para que el carbono se introduzca en el hierro, con el cual se combina fácilmente. La fractura del acero de cementación es laminar; despuées del temple tiene un grano muy fino y muy uniforme; su color es gris azulado. Como para el acero natural, el laminado y forjadura repetida aumentan la homogeneidad que todavía se puede incrementar por una segunda cementación seguida de nueva forjadura. Hemos dicho para la fundición maleable que no era práctica más que para piezas de pequeñas dimensiones; otro tanto diremos del acero de cementación, pues se comprende que, a menos de cuidados especiales, resulta difícil que el carbón penetre por igual hasta el centro de las piezas.

El *acero fundido* es uno de los dos precedentes fundido en un crisol, como hemos dicho, y forjado después; su textura es compacta, fina y homogénea. Para forjarlo hay que calentarlo hasta el rojo cereza y batirlo con pequeños golpes; se suelda con gran dificultad y solamente después de haber sido forjado. Se emplea principalmente en la cuchillería y para las herramientas destinadas al trabajo de los metales.

También se puede cementar el hierro dulce introduciéndolo en un baño de fundición durante cierto tiempo; al salir de éste se halla en estado de acero. Un procedimiento más práctico consiste en calentar al rojo una barra de hierro, después introducirla en un baño de carbón en polvo y templarla a continuación; el hierro así tratado resulta semejante al acero.

TEMPLE DEL ACERO.—El temple ordinario consiste en hacer pasar el acero bruscamente de una temperatura muy alta a otra muy baja;

las temperaturas intermedias dan distintos grados de dureza al acero; se reconoce la temperatura por el color:

rojo obscuro	equivale a unos 510° centígrados
rojo cereza	» » » 850 a 875°
rojo blanco	» » » 1150°
blanco sudante	» » » 1400 a 1500°

Se puede reducir la dureza de un objeto templado poniéndolo en contacto con un hierro rojo; las variaciones de color indican el grado de dureza; a esta operación se le llama *revenido*.

Los ácidos dan un temple más duro que el agua; también se templa introduciendo el acero en un baño compuesto de bismuto, plomo y estaño, cuya proporción permite conocer el grado de fusión; se saca cuando se funde la aleación y se introduce en el agua. También se templa en baño de aceite, en la tierra, en las cenizas y en el aire.

Denominación de los hierros y aceros comerciales.—En España los hierros de sección cuadrada se llaman *cuadrados,* y *cuadradillos* cuando el lado no pasa de 2 cm. Los llamados *palanquillas* tienen de 2 a 4 cm, los *torchuelos* de 4 a 6 cm y los *torchos* de 6 a 11.

Los de sección rectangular se llaman *hierros planos* o *barras*. Las *llantas* o *hierro carretil* tienen de 52 a 69 mm por 17 mm. Las *llantillas* son de menores dimensiones, y menor todavía el hierro *cellar, cuchillero* o *planchuela*.

Los de sección circular se llaman *hierros redondos, cabillas* o *varillas* si el diámetro no pasa de 2 cm; los de diámetros comprendidos entre 2 y 3 cm se llaman más especialmente *balaustres*.

Véanse, en el capítulo XVIII, las tablas XV a XXII, así como en el capítulo XVII las tablas de las páginas 702 y siguientes.

Cobre. — Es un metal de un bonito color rojo brillante, de gran ductilidad y maleabilidad, tanto en frío como en caliente. Gracias a estas cualidades puede reducirse a hilos muy finos o a chapas delgadas. En el aire húmedo el cobre se oxida y se cubre de una capa verde de hidrocarbonato de cobre, que se llama vulgarmente *cardenillo*. El cobre se funde de 1020 a 1200°; recocido adquiere una gran ductilidad, al mismo tiempo que llega a ser más resistente.

El cobre combinado con el zinc da lugar a la aleación llamada *latón;* combinado con el estaño produce el *bronce*.

El peso específico es de 8,59 a 9,90 para el cobre fundido y de 8,78 a 9,00 para el forjado o en alambres.

Véanse, en el capítulo XVIII, la tabla XVI referente al peso de las chapas de cobre y de latón y la tabla XXVII que da el peso de los tubos de cobre.

Plomo.—De sus propiedades generales se ha hablado ya, al estudiar las cubiertas de plomo, en la página 421. El plomo puede laminarse en hojas muy delgadas o estirarse en la hilera; entra en fusión a una temperatura comprendida entre 320 y 334°.

Se emplea, en chapas, para las cubiertas; en tubos, para las canalizaciones de agua o de gas; fundido, para los empotramientos, etc. Sirve para la fabricación de la cerusa y del litargirio; aleado con el estaño produce el metal empleado como soldadura por los plomeros.

Su densidad es de 11,352. Véase el peso de las chapas de plomo en la página 423, así como en la tabla XVI del capítulo XVIII; en dicho capítulo, la tabla XXVII da el peso de los tubos de plomo.

Estaño.—Es un metal de color blanco de plata, muy brillante; se parece al zinc; pero difiere de él por el estridor o *grito* muy característico que da cuando se le pliega. Es poco tenaz, pero muy dúctil y maleable, reduciéndose a chapas delgadísimas en el laminador. El estaño entra en fusión a 228° y en estado puro su peso específico es 7,29.

Sirve para estañar el hierro, para fabricar la hoja de lata y el bronce, para la soldadura del zinc y del plomo; amalgamado con el mercurio forma el azogue de los espejos.

Véase el peso de las chapas de estaño en la tabla XVI del capítulo XVIII.

Zinc.—Ha sido durante largo tiempo confundido con el estaño; hasta el siglo XVI se le ha llamado *metal de las Indias,* nombre del país que lo proporcionaba.

De sus propiedades generales se ha hablado al estudiar las cubiertas de chapa de zinc, en las páginas 412 y 413, donde se ha indicado el peso de las chapas de zinc (véase también la tabla XVI del capítulo XVIII).

El zinc del comercio no es puro: contiene siempre algunas otras substancias, entre ellas el hierro, el arsénico, el plomo y el estaño. Su densidad varía de 6,861 a 7,191. Su ligereza, dureza y bajo precio hacen que se emplee cuando importe poco perder el brillo metálico.

CAPÍTULO XVII

Resistencia de materiales

Cálculo analítico de los esfuerzos. — Generalidades. — Resistencia de una pieza prismática a la tracción o compresión simples. — Flexión de una pieza empotrada por un extremo y cargada en el otro. — Flexión de una pieza empotrada por un extremo y cargada uniformemente. — Flexión de una pieza apoyada en sus dos extremos, con carga concentrada en el centro. — Flexión de una pieza apoyada en sus dos extremos, con carga uniformemente repartida sobre toda su longitud. — Flexión de una pieza apoyada en sus dos extremos, con carga concentrada en un punto cualquiera de su longitud.
Momentos de inercia.—Definición. — Rectángulo. — Rectángulo hueco. — Sección en **I** simétrica. — Sección en cruz simétrica. — Sección de una jácena compuesta. — Sección en **T**. — Sección en **Γ**.—Sección en **C**.—Sección en **I** con aletas en el centro. – Sección en **I** disimétrica. — Rombo. — Triángulo. — Círculo. — Corona circular. — Semicírculo. — Elipse. — Corona elíptica. – Influencia de la distribución del metal sobre el valor del momento resistente de la sección.
Coeficientes de resistencia de piedras y de fábricas diversas. — Generalidades. — Peso específico, resistencia al aplastamiento y coeficiente de trabajo de algunas piedras, ladrillos y morteros. — Peso específico y coeficiente de trabajo admitido para diversas fábricas y materiales. — Resistencia que presentan los yesos al desprendimiento.— Resistencia transversal (esfuerzo cortante) debida a la adherencia o a la cohesión del mortero.
Resistencia de las maderas. — Peso específico, resistencia al aplastamiento y coeficiente de trabajo de diversas maderas. — Cálculo de las piezas de madera expuestas al pandeo; cargas que producen la rotura por pandeo en algunas maderas; coeficiente de trabajo admisible, en piezas de madera sometidas a compresión, para evitar el pandeo.— Cálculo de las piezas de madera sujetas a flexión simple: cálculo de las vigas de un suelo; cálculo de piezas inclinadas; empotramiento.
Resistencia de los hierros. — Coeficientes de resistencia y de trabajo.—Cálculo de las piezas metálicas sujetas a simple tracción.—Cálculo de las piezas metálicas expuestas al pandeo: peso de las columnas macizas de fundición y carga de seguridad que admiten; resistencia de las columnas huecas de fundición. – Cálculo de las piezas metálicas sujetas al esfuerzo cortante. — Cálculo de las piezas metálicas sujetas a flexión simple; cálculo de las viguetas de un piso; viguetas **I** de Altos Hornos de Maubeuge; viguetas de acero de Altos Hornos de Vizcaya; tablas para calcular el momento resistente de las jácenas compuestas; hierros **C** de Altos Hornos de Vizcaya; tabla para calcular la resistencia a la flexión de los hierros cuadrados y rectangulares; tablas para calcular la resistencia a la flexión de los hierros redondos, en **T**, y en **Γ**.
Estática gráfica.—Definición.—Cálculo de las piezas de una estructura expuestas al pandeo. — Armadura sin tirante. — Armadura simple con tirante. — Armadura de pendolón y tirante peraltado. — Armadura simple de tirante poligonal. — Armadura simple de tirante rebajado. — Armadura poligonal. — Vigas armadas. — Armadura alemana. — Armadura de puente y tirante peraltado. — Armadura arqueada.—Armadura sencilla de puente. — Armaduras diversas con varias filas de correas. — Armadura a la Mansard. — Armaduras en diente de sierra. — Armaduras Polonceau. — Armaduras norteamericanas.—Armaduras inglesas.—Armaduras belgas.— Armaduras con manguetas en los apoyos, formando ático de tejado. — Marquesinas. — Vigas Warren. — Vigas Howe.—Arcos: arco de tres articulaciones; arco de dos articulaciones.

CÁLCULO ANALÍTICO DE LOS ESFUERZOS

Generalidades.—Los cuerpos sólidos que se emplean como materiales en las diversas construcciones, tienen una constitución molecular que tiende a alterarse por los esfuerzos a que se someten. Los materiales son más o menos tenaces y se comparan sus resistencias

por la cantidad de fuerza necesaria para romperlos. Según su naturaleza, los materiales son aptos para sufrir distintos esfuerzos, a saber:

1.° *esfuerzo* o trabajo a la *tracción;*
2.° *esfuerzo transversal* o *cortante;*
3.° *esfuerzo flexor* o trabajo a la flexión;
4.° *esfuerzo* o trabajo a la *compresión.*

Los materiales propios para el trabajo de tracción son: el acero, el hierro, el cobre, la madera, etc. Pueden resistir el de flexión y el cortante: el acero, el hierro, la madera y algo la piedra. Todos los materiales pueden someterse a esfuerzos de compresión, dentro de límites distintos.

El cálculo de la resistencia de las diversas partes de una construcción o de una máquina, sometidas a fuerzas dadas, es una de las partes más delicadas e importantes de la ciencia del ingeniero.

La dificultad de llegar, en ciertos casos, a resultados absolutamente seguros, depende en parte de que este género de cálculos está siempre basado en experimentos empíricos, de exactitud variable y, además, de que para aplicar estos resultados a las formas complicadas de la construcción, es necesario hacer hipótesis y simplificaciones, más o menos conformes con la realidad, concernientes al papel que desempeñan los elementos de la construcción y a su modo de deformación y de rotura.

Con gran frecuencia, el material que hay que emplear no es de la misma procedencia o de la misma calidad que el sometido a ensayo y, en la teoría, un autor admitirá que la rotura de las piezas se verifica de una manera y otro autor de otra: es decir, que discrepan en la posición de los puntos de menor resistencia y en la dirección variable de las reacciones interiores o exteriores; esto depende principalmente de los sistemas de uniones y del modo de hacer la construcción.

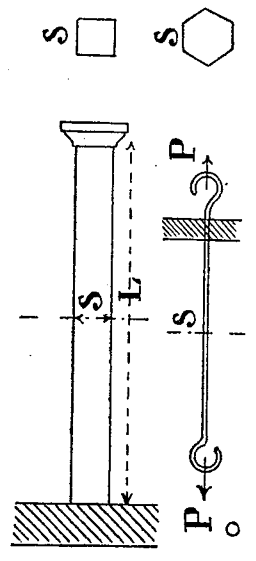
De todos modos, en nuestra opinión, lo mejor en toda clase de construcciones es investigar, visitar y estudiar modelos y precedentes análogos ya construídos—inspirarse en ellos, de un modo general, para las proporciones que se deben dar a la obra de que se trate.—Este primer croquis hecho en el papel se someterá *posteriormente* al cálculo.

El cálculo no debe servir más que para comprobar si ha habido o no alguna equivocación, es decir, si está por encima o por debajo de los límites de los coeficientes de presión impuestos por los pliegos de condiciones o por los usos y reglas del arte.

Resistencia de una pieza prismática a la tracción o compresión simples.—El caso más sencillo es el de un prisma (pilar, columna, entrepaño o lienzo de muro) sometido a la compresión vertical de

una carga P, o bien el de una varilla solicitada por tracción en el sentido de su longitud (figs. 1654 a 1659).

La experiencia ha demostrado que si no se pasa de cierto límite de carga — más allá del cual se produciría una deformación permanente — los alargamientos o acortamientos de las piezas son directamente proporcionales a las cargas soportadas por unidad de superficie de la sección y proporcionales, también, a su longitud total.



Figs. 1654 a 1659. — Piezas sometidas a la compresión o a la tracción y formas que pueden darse a la sección transversal S.

Designando por:

L la longitud primitiva de la pieza en m,
S la sección transversal de la misma en cm^2,
P la fuerza total de compresión o de tracción que actúa sobre la pieza, en el eje de la misma, en Kg,
λ el alargamiento o acortamiento total,
i el alargamiento por unidad de longitud $= \frac{\lambda}{L}$,
$k = \frac{P}{S}$ la presión o tensión por unidad de superficie en Kg/cm^2,
E un coeficiente de elasticidad, variable con los cuerpos y para el cual pueden aceptarse los valores siguientes, en la práctica:

hierro dulce	2000000 Kg/cm^2	madera de pino	96000 Kg/cm^2
acero dulce	2150000 »	» de encina	105000 »
fundición	750000 »	» de haya	130000 »

se verificarán las fórmulas siguientes:

$$k = Ei = E\frac{\lambda}{L},$$

que, en virtud de la proporcionalidad a la carga total, darán:

$$P = kS = \frac{ES}{L}\lambda.$$

Pero, en la práctica, no hay que ocuparse, generalmente, del alargamiento λ, pues sólo se trata de calcular la sección S del pilar o de la varilla de modo que, cargándola con un peso P, no sufra por cm^2 de sección una compresión o una tensión mayor que un límite determinado k llamado *coeficiente de trabajo*. La carga P se llama *carga de seguridad* y la relación $P : k$ *coeficiente de seguridad*.

Se admite que el coeficiente de trabajo varía entre un cuarto y un sexto del coeficiente de rotura obtenido experimentalmente.

Ejemplo: para el hierro ordinario, que se rompe a 4000 Kg/cm^2, bastará que:

$k = \frac{P}{S} < 1150$ Kg/cm^2, para un *coeficiente de seguridad* = 3,5

$k = \frac{P}{S} < 1000$ » » » » » » = 4

$k = \frac{P}{S} < 660$ » » » » » » = 6

En los entramados que no están expuestos a choques, como sucede en los suelos, se puede llegar hasta los 1200 Kg/cm^2 cuando sea necesario, si se emplea el acero dulce.

Flexión de una pieza empotrada por un extremo y cargada en el otro.—Para que la pieza esté en equilibrio, es necesario que el *momento resistente* de la sección peligrosa de la pieza, es decir, la suma de los momentos de resistencia de todas las fibras respecto a la línea neutra, sea igual al *momento de flexión* (que así se llama el momento de la fuerza P, tomado con respecto a la sección del empotramiento) dividido por el coeficiente de trabajo.

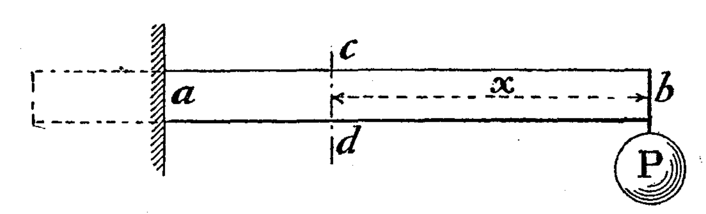


Fig. 1660.
Viga empotrada por un extremo y sometida a una carga concentrada en el otro.

Para que la pieza no se deforme y no se rompa, es necesario que el momento de flexión que origine P sea inferior al que resultaría, en la sección más pequeña, de una tensión límite determinada que se fije de antemano como 600, 800 ó 1000 Kg/cm^2.

Llamando:

L la longitud total, tomada entre el empotramiento y el punto de aplicación P, es decir, el brazo de palanca de la fuerza P en cm,

I *el momento de inercia* de la sección empotrada (tomado con respecto a la línea neutra) en cm^4,

n la distancia en centímetros desde la línea neutra (que pasa por el centro de gravedad de la sección, en las piezas homogéneas) hasta el punto de la sección de empotramiento más alejado de ella,

como que el momento de flexión es PL, en Kg-cm, y el momento resistente $\frac{I}{n}$ en cm^3, será preciso que se cumpla la igualdad siguiente:

$$PL = k\frac{I}{n}.$$

Si la sección es simétrica, con respecto a la línea neutra, se tendrá, siendo h la altura de la pieza:

$$n = \frac{h}{2} \quad \text{y, por lo tanto,} \quad PL = 2k\frac{I}{h}.$$

La flecha f que produce la carga, en el punto donde se halla aplicada, se calcula por la fórmula siguiente:

$$f = \frac{1}{3}\frac{PL^3}{EI};$$

expresando P en Kg, L en cm, E en Kg/cm² e I en cm⁴ el valor de f resultará en cm. El valor del coeficiente de elasticidad se ha indicado en la página 673.

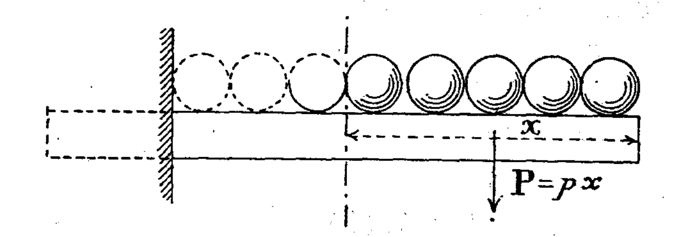


Fig. 1661.
Viga empotrada por un extremo y libre en el otro, con carga uniformemente repartida.

Flexión de una pieza empotrada por un extremo y cargada uniformemente. — Si, en lugar de un peso único aplicado en un extremo, la pieza está cargada uniformemente en toda su longitud (figura 1661) con una serie de pesos elementales p, por unidad de longitud (carga total $P = pL$), la fórmula para calcular la pieza es:

$$^1/_2\, pL^2 = {}^1/_2\, PL = k\frac{I}{n}.$$

La flecha máxima, que se producirá en el extremo libre como en el caso anterior, vale:

$$f = \frac{1}{8}\frac{PL^3}{EI}.$$

Si se cargase uniformemente sólo una longitud x, a partir del extremo libre, la fórmula sería:

$$pLx - {}^1/_2\, px^2 = k\frac{I}{n}.$$

Flexión de una pieza apoyada en sus dos extremos, con carga concentrada en el centro.—Este caso se halla representado en la figura 1662 y la fórmula para calcular la resistencia es:

$$^1/\; PL = k\frac{I}{n}.$$

La flecha máxima de la viga tiene lugar en el centro de la misma y vale:

$$f = \frac{1}{48} \cdot \frac{PL^3}{EI};$$

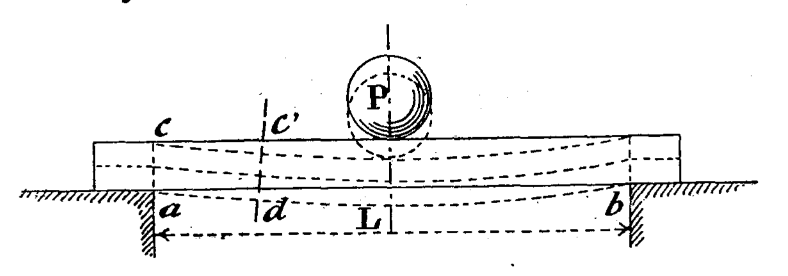


Fig. 1662.
Viga apoyada en sus extremos, con carga concentrada en el centro.

obsérvese que es dieciséis veces menor que si la pieza tuviese un extremo libre.

Flexión de una pieza apoyada en sus dos extremos, con carga uniformemente repartida sobre toda su longitud.—Designando por p la carga por metro lineal de luz L (carga total $P = p\,L$) la fórmula para calcular la sección de la pieza o, dada ésta, la carga que puede soportar, es (fig. 1663):

$$^1/_8\, p\,L^2 = {}^1/_8\, P\,L = k\,\frac{I}{n}.$$

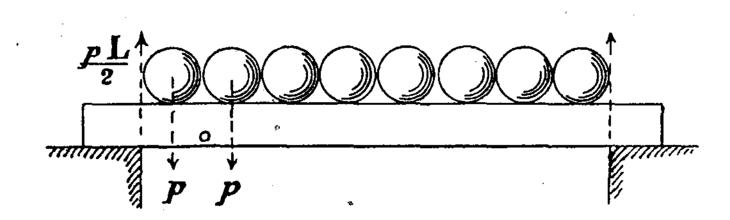


Fig. 1663. — Viga apoyada en sus dos extremos, sometida a una carga uniformemente repartida en toda su longitud.

Como se ve, a igualdad de carga total P el momento de flexión máximo, en este caso, es la mitad del que tendría lugar si la misma carga actuase concentrada toda ella en el centro de la viga como se ha visto en la figura 1662.

La flecha máxima, que ocurre en el centro como en los casos anteriores, vale muy aproximadamente:

$$f = \frac{1}{77}\,\frac{PL^3}{EI}.$$

Flexión de una pieza apoyada en sus dos extremos, con carga concentrada en un punto cualquiera de su longitud.—Este caso se halla representado en la figura 1664 y es una generalización del que se ha estudiado más arriba, haciendo referencia a la figura 1662. Las reacciones verticales y dirigidas de abajo hacia arriba, que la carga en cuestión P produce sobre ambos apoyos, son distintas; designándolas por A_i la del apoyo izquierdo y por A_d la del apoyo derecho, se verifica:

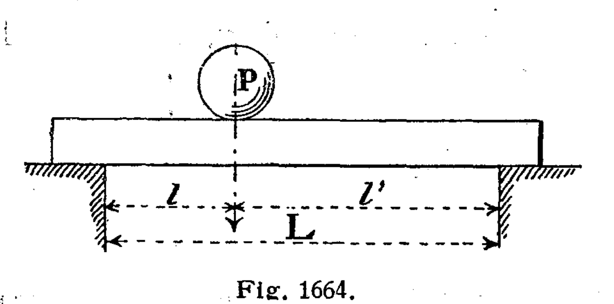


Fig. 1664.

$$A_i + A_d = P, \quad A_i = P\,\frac{l'}{L}, \quad A_d = P\,\frac{l}{L};$$

las dimensiones de la sección se calcularían con arreglo a la fórmula

$$P\frac{l \times l'}{L} = k\frac{I}{n}.$$

La flecha en el punto donde actúa la carga, vale:

$$f = \frac{1}{3}\frac{PL^3}{EI}\frac{l^2 l'^2}{L^4};$$

la flecha máxima, en este caso, no se produce en el punto de aplicación de la carga sino en otro distinto, pero la fórmula es demasiado complicada para el carácter de esta obra.

MOMENTOS DE INERCIA

Definición.—El momento de inercia de una sección, con respecto a la línea neutra, es la suma (o la integral) de los productos del área $d\omega$ de cada elemento de superficie por el cuadrado de sus respectivas distancias v a la línea o eje neutro; según ello:

$$I = \int v^2 d\omega.$$

Veamos las fórmulas que dan estos momentos para las distintas formas de sección que se presentan con más frecuencia en la práctica de la construcción.

Recuérdese la definición que hemos dado, en la página 674, del momento resistente $\frac{I}{n}$ y la significación de la magnitud n.

Rectángulo.—Designando la altura por h y la base por b, se tendrá, con respecto al eje neutro (fig. 1665):

$$I = \frac{bh^3}{12} \quad \text{y, por lo tanto,} \quad \frac{I}{n} = \frac{bh^2}{6},$$

toda vez que $n = {}^1/_2\, h$. La fórmula que da el valor de I se ha obtenido aplicando la general indicada antes. Los desarrollos matemáticos a que ello da lugar no corresponden a esta obra.

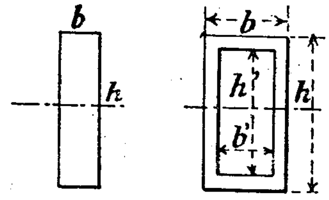


Fig. 1665. Fig. 1666.

Si el rectángulo, en lugar de tener por base la dimensión más pequeña b, se hallase colocado de modo que la dimensión h fuese horizontal, el momento de inercia I valdría ${}^1/_{12}\, h b^3$ y n sería igual a ${}^1/_2\, b$. Todos los momentos de inercia y resistentes que se indican a continuación se refieren, expresamente, a secciones que ocupan la posición indicada en las figuras.

Rectángulo hueco.—Si h y h' son las alturas exterior e interior respectivamente, b y b' las bases correspondientes (fig. 1666), se tendrá por diferencia:

$$I = \frac{1}{12}(bh^3 - b'h'^3); \quad \frac{I}{n} = \frac{bh^3 - b'h'^3}{6h}.$$

Sección en I simétrica.—Atendiendo a las indicaciones de la figura 1667 y teniendo en cuenta que basta restar del momento de inercia de un rectángulo de altura h los correspondientes a dos rectángulos de altura h' y base $^1/_2\, b'$, se obtendrá:

$$I = \frac{1}{12}(bh^3 - b'h'^3); \quad \frac{I}{n} = \frac{bh^3 - b'h'^3}{6h}.$$

Nótese que ambas expresiones tienen el mismo valor que para la sección rectangular hueca; ello puede deducirse a priori, fijándose en que las dos secciones tienen idéntica distribución del material, con respecto a la línea o fibra neutra.

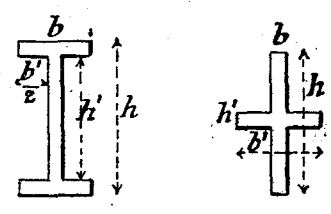


Fig. 1667. Fig. 1668.

Sección en cruz simétrica (fig. 1668).—De esta forma de sección hemos visto aplicaciones en las bielas de las armaduras Polonceau: figuras 1056 a 1059 (pág. 354). Con las indicaciones de la figura 1668, los valores son:

$$I = \frac{1}{12}[bh^3 + (b' - b)h'^3]; \quad \frac{I}{n} = \frac{bh^3 + (b' - b)h'^3}{6h}.$$

Sección de una jácena compuesta.—Suponiéndola formada (figura 1669) por tablas de hierros planos, alma llena de palastro y cantoneras se obtendrá:

$$I = \frac{1}{12}[bh^3 - (b'h'^3 + b''h''^3 + b'''h'''^3)];$$

$$\frac{I}{n} = \frac{bh^3 - (b'h'^3 + b''h''^3 + b'''h'''^3)}{6h}.$$

Fig. 1669.

Sección en T (fig. 1670).—Llamando d a la distancia entre el centro de gravedad o eje neutro de la sección y la horizontal superior de la T y tomando el momento de inercia con respecto a la línea neutra, se tiene:

$$d = \frac{1}{2}\,\frac{(b - b')h'^2 + b'h^2}{(b - b')h' + b'h};$$

$$I = \frac{1}{3}[bd^3 - (b - b')(d - h')^3 + b'(h - d)^3].$$

Claro está que, siendo la sección disimétrica con relación a la línea neutra, n no será igual a $^1/_2\ h$ sino que tendrá dos valores distintos, a saber: $n_1 = d$ y $n_2 = h - d$; por lo tanto, la sección tendrá dos momentos resistentes:

$$\frac{I}{n_1} = \frac{I}{d} \quad \text{e} \quad \frac{I}{n_2} = \frac{I}{h-d},$$

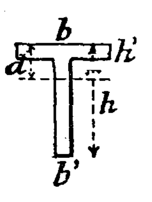


Fig. 1670.

de los cuales, generalmente, el menor de los dos es el único que se tiene en cuenta por ser el que define la resistencia de la pieza.

Scción en Γ.—Para calcular el momento de inercia y el momento resistente de un hierro angular, expresando sus dimensiones en la forma que indica la figura 1671 se emplearán las fórmulas que acaban de indicarse para los hierros en T, pues los valores son los mismos porque la distribución del material—con relación a la fibra neutra—es la misma en ambos casos. Sin embargo, prácticamente la resistencia de los hierros en escuadra es menor porque sufren un efecto de torsión que no se tiene en cuenta en el cálculo. Pero como los angulares son en general, a causa de la mayor facilidad de su laminación, de mejor calidad, es decir, de grano más homogéneo que los hierros en T, ello sirve de compensación.

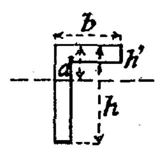


Fig. 1671.

Sección en ⊏.—Los hierros en ⊏ o angulares dobles están muy extendidos en el comercio y en la construcción y prestan grandes servicios, por las facilidades que presentan para las ensambladuras. El momento de inercia y el resistente se calculan por las mismas fórmulas que se han indicado antes para los hierros en I, pues la distribución del material, con relación a la fibra neutra, es igual en uno y otro caso; sólo que aquí la calidad es algo menos buena, pues el laminado de los hierros en I es, en realidad, mucho más fácil que el de los hierros en ⊏.

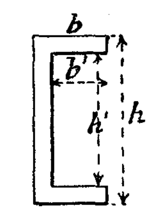


Fig. 1672.

De todos modos, adoptando coeficientes de trabajo comprendidos entre $^1/_6$ y $^1/_4$ de la carga de rotura, se pueden siempre admitir las fórmulas como suficientemente exactas; la diferencia, entre la resistencia verdadera y la dada por la fórmula, no será nunca mayor del quinto o del sexto del valor efectivo.

Sección en I con aletas en el centro (fig. 1673).—Aunque no es frecuente encontrar esta sección, daremos los valores correspondientes que son:

$$I = \frac{1}{12}\left[b h^3 - (b - b')\, h'^3 + b'' h''^3\right];$$

el momento resistente se determinará, como siempre, dividiendo el de inercia por n que vale, en este caso, $^1/_2\, h$.

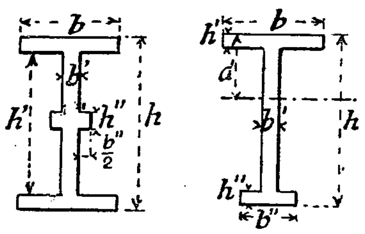


Fig. 1673. Fig. 1674.

Sección en I disimétrica (fig. 1674). — Llamando d la distancia vertical del eje neutro al plano superior del ala más ancha, el momento de inercia con respecto al eje neutro estará dado por la fórmula:

$$I = \frac{1}{3}\,[b d^3 - (b - b')(d - h')^3 + b''(h - d)^3 - (b'' - b')(h - d - h'')^3];$$

la distancia d se determina por la fórmula:

$$d = \frac{1}{2} \cdot \frac{b' h^2 + (b - b') h'^2 + (b'' - b')(2\,h - h'')\,h''}{b' h + (b - b')\,h' + (b'' - b')\,h''}.$$

Rombo.—Si b es la longitud de la diagonal horizontal, con la cual coincide el eje neutro, y h la altura total (diagonal vertical) y suponiendo ambas diagonales diferentes:

$$I = \frac{b h^3}{48}; \quad \frac{I}{n} = \frac{b h^2}{24}.$$

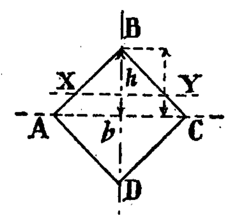


Fig. 1675.

Si $b = h$ *(sección cuadrada)* resulta:

$$I = \frac{h^4}{48}; \quad \frac{I}{n} = \frac{h^3}{24};$$

y como que el lado a del cuadrado vale $a = \frac{h}{\sqrt{2}}$, las dos últimas fórmulas podrán escribirse también:

$$I = \frac{a^4}{12}; \quad \frac{I}{n} = \frac{a^3}{12}\sqrt{2} = 0{,}1179\, a^3.$$

Triángulo (fig. 1676). — La distancia d desde la fibra neutra, que pasa por el centro de gravedad del triángulo, al vértice superior vale (siendo h su altura y b su base):

$$d = \frac{2}{3}\, h.$$

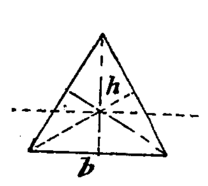


Fig. 1676.

El momento de inercia se expresará por la fórmula siguiente:

$$I = \frac{b h^3}{36};$$

el momento resistente tiene dos valores, como en todas las secciones

disimétricas, puesto que n tiene asimismo dos valores ($n_1 = d$ y $n_2 = h - d$):

$$\frac{I}{n_1} = \frac{b h^2}{24}; \quad \frac{I}{n_2} = \frac{b h^2}{12}.$$

Claro es que se tendrá en cuenta el menor de los dos.

Círculo.—Se tiene en este caso (fig. 1677) siendo R el radio:

$$I = \frac{\pi R^4}{4}; \quad \frac{I}{n} = \frac{\pi R^3}{4}.$$

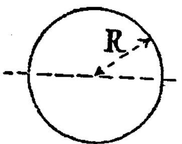


Fig. 1677.

Comparando esta fórmula con la del cuadrado (figura 1675, caso de $b = h$) se ve que la resistencia del círculo es a la del cuadrado del mismo diámetro circunscrito ($h = 2R$) como $\frac{3\pi}{4}$.

Corona circular.—Siendo R el radio exterior y r el radio interior (fig. 1678) las fórmulas serán las siguientes:

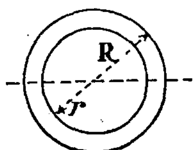


Fig. 1678.

$$I = \frac{\pi}{4}(R^4 - r^4); \quad \frac{I}{n} = \frac{\pi}{4}\frac{R^4 - r^4}{R}.$$

Se ve que si $r = 0$, estas fórmulas se reducen a las del círculo.

Semicírculo. — Si el radio del semicírculo es R (fig. 1679) la distancia desde el eje neutro, que pasa por el centro de gravedad, al diámetro que sirve de base a la figura vale:

$$d = 0{,}424\,R;$$

$$I = 0{,}11\,R^4; \quad \frac{I}{n_1} = 0{,}26\,R^3; \quad \frac{I}{n_2} = 0{,}19\,R^3.$$

Fig. 1679.

Elipse. — Siendo el eje mayor a vertical y el eje menor b horizontal (con él coincidirá la fibra neutra, véase la figura 1680) se verificará:

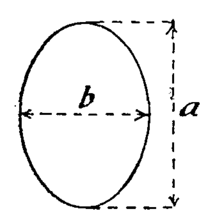


Fig. 1680.

$$I = \frac{\pi}{64} a^3 b;$$

$$\frac{I}{n} = \frac{\pi}{32} \cdot a^2 b.$$

Si $a = b$ se encuentran las fórmulas del círculo con sólo considerar que, en tal caso, $a = 2R$.

Corona elíptica.—Sean a y b los ejes de la elipse exterior y a' y b' los de la interior (fig. 1681); se tendrá:

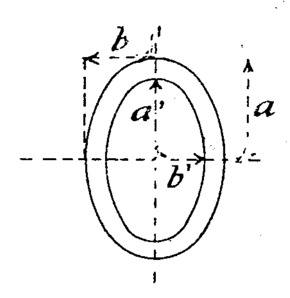


Fig. 1681.

$$I = \frac{\pi}{64}(ba^3 - b'a'^3); \quad \frac{I}{n} = \frac{\pi}{32}\frac{ba^3 - b'a'^3}{a}.$$

En el caso de que las dos elipses sean semejantes, es decir, si se tiene la relación $a' = m\,a$ y $b' = m\,b$, las fórmulas anteriores se simplifican y convierten en:

$$I = \frac{\pi}{64}\,ba^3(1 - m^4); \quad \frac{I}{n} = \frac{\pi}{32}\,ba^2(1 - m^4).$$

Influencia de la distribución del metal sobre el valor del momento resistente de la sección.—La experiencia ha demostrado que para superficies y alturas iguales, o sea para secciones equivalentes, cuanto más se disminuye el espesor del hierro del alma aumentando el ancho de las alas, mayor resulta el valor de $\frac{I}{n}$.

Tomaremos como punto de comparación el hierro plano y el de forma en doble **T**.

Ejemplo primero.—Hierro plano de 200 × 10 milímetros:

$$\text{superficie} = 20 \times 1{,}0 = 20 \text{ cm}^2;$$

aplicando la fórmula referente al rectángulo se obtiene:

$$\frac{I}{n} = \frac{bh^2}{6} = \frac{1 \times 20^2}{6} = 66{,}66 \text{ cm}^3.$$

Ejemplo segundo.—Hierro en **I** en el que $b = 33$ mm, $h = 200$ milímetros, $h' = 184$ mm y espesor del alma igual a 8 mm (fig. 1667):

$$\text{superficie} = 18{,}4 \times 0{,}8 + 2 \times 3{,}3 \times 0{,}8 = 20 \text{ cm}^2,$$

$$\frac{I}{n} = \frac{3{,}3 \times 20^3 - 2{,}5 \times 18{,}4^3}{6 \times 20} = 90{,}22 \text{ cm}^3.$$

Ejemplo tercero. — Hierro en **I** de las siguientes dimensiones: $b = 79$ mm, $h = 200$ mm, $h' = 184$ mm y con alma de 4 mm de espesor:

$$\text{superficie} = 18{,}4 \times 0{,}4 + 2 \times 7{,}9 \times 0{,}8 = 20 \text{ cm}^2,$$

$$\frac{I}{n} = \frac{7{,}9 \times 20^3 - 7{,}5 \times 18{,}4^3}{6 \times 20} = 137{,}34 \text{ cm}^3.$$

Se ve que el valor de $\frac{I}{n}$ aumenta a medida que, conservando el mismo peso de metal, se concentra éste en las alas lejos de la fibra neutra. Y esto se comprende fácilmente, si se considera que en una pieza flexada la fibra del eje no ha cambiado de longitud, mientras que la superior ha sufrido una compresión y la inferior una tracción; es razonable por lo tanto decir que si la fibra neutra no trabaja, las próximas a ella por arriba y por abajo sufren un trabajo progresivo a medida que están más alejadas de aquélla.

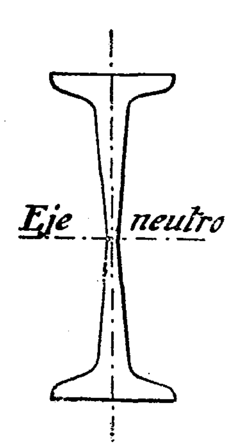


Fig. 1682.

Así, la forma más conveniente de un hierro en doble **T** consiste en disminuir el espesor del hierro en la línea neutra aumentándolo gradualmente hacia las alas, que es la forma que exageradamente representamos en nuestra figura 1682.

El cálculo de los momentos de inercia y resistente, sobre todo cuando hay que calcular diversas secciones para compararlas, es algo entretenido, aunque no ofrezca dificultad. Para simplificarlo, se incluyen, en la sección *Resistencia de los hierros* de este mismo capítulo, una serie de tablas que dan los valores ya calculados de I/n para los perfiles más corrientes como: hierros **I** laminados, vigas **I** compuestas, hierros redondos, cuadrados y rectangulares, hierros en **T** y cantoneras de lados iguales y desiguales. Para perfiles intermedios, si se trata de cálculos aproximados, puede interpolarse entre los valores de las tablas.

COEFICIENTES DE RESISTENCIA DE PIEDRAS Y DE FÁBRICAS DIVERSAS

Generalidades.—Teniendo en cuenta el programa que nos hemos trazado para esta obra, hemos de limitarnos a los conocimientos indispensables para construir un edificio. Así, acerca de este asunto no consideraremos más que los esfuerzos de aplastamiento resultantes del peso soportado, sin tener en cuenta otra clase de esfuerzos, que por la gran masa que compone un edificio se desprecian en la práctica.

Por consiguiente, no nos interesa más que la resistencia de la piedra por unidad de superficie y el peso que, terminada la construcción, deberá soportar esta unidad de superficie.

Se comprende, pues, que habremos de limitarnos a dar aquí resultados experimentales de las diversas clases de piedra; el constructor podrá fácilmente, dividiendo el edificio en cierto número de zonas, emplear piedras duras en las hiladas inferiores y las blandas en la coronación, donde soportan muy poca carga. Para la zona junto al suelo, el constructor tendrá en cuenta la carga total (permanente o accidental): para la zona inmediatamente superior contará el peso de la construcción menos el de la zona que está debajo; para la tercera disminuirá del peso total el de las dos primeras, y así sucesivamente.

Peso específico, resistencia al aplastamiento y coeficiente de trabajo de algunas piedras, ladrillos y morteros

(Véase también la tabla XI del capítulo siguiente)

MATERIALES	PESO específico Kg/m³	CARGA que produce el aplastamiento Kg/cm²	Coeficiente de trabajo k Kg/cm²
Basalto de Auvernia	2780 a 3200	2000	200
Lava dura del Vesubio	1700 a 2800	590	59
Id. blanda de Nápoles	—	160	16
Pórfido verde de Ternuay	—	1110	111
Granito verde de los Vosgos	2600 a 3000	620	107
Id. gris de Bretaña	2600 a 3000	650	65
Id. del Guadarrama	2500	350	35
Gneis	2360 a 2710	900	90
Piedra de San Miguel (Manila)	2400	260	26
Arenisca muy dura	2500	870	87
Id. blanda	2490	4	0,4
Id. de la Isla (Cádiz)	2480	—	—
Piedra de la Osa (Habana)	2080	51	5,1
Id. de la Cueva (Habana)	1060	37	3,7
Mármol de Carrara	2717	994	99
Id. negro de Flandes	2520 a 2750	790	79
Id. blanco veteado	2520 a 2750	310	31
Caliza azul de Metz	2400	180	18
Id. de Ponce (Puerto Rico)	2100	170	17
Ladrillo duro, muy cocido	1560	150	15
Id. rojo	2170	60	6
Id. mal cocido	2090	40	4
Id. vitrificado para cañerías	—	100	10
Yeso amasado con agua	1570	50	5
Id. íd. con lechada de cal	1570	60	6
Mortero de cal y arena de río	1630	35	3,5
Id. de cal y arena de mina	1590	40	4
Id. de cemento o polvo de teja o de ladrillo	1460	48	4,8
Mortero de puzolana de Nápoles	1460	37	3,7
Id. hidráulico	—	80	8
Pizarras	2640 a 2900	—	—
Esquistos	2740 a 2880	—	—

Peso específico y coeficiente de trabajo admitido para diversas fábricas y materiales

MATERIALES	PESO específico Kg/m³	Coeficiente de trabajo k Kg/cm²
Sillares de granito	2600 a 2900	40 a 50
Id. de mármol	2500 a 2700	20 a 25
Id. de arenisca	1800 a 2500	20 a 25
Id. de caliza dura	2000 a 2500	10 a 15
Id. de caliza blanda	1600 a 2000	5 a 8
Mampostería de piedra molar	1200 a 1500	6 a 8
Id. de granito	2200 a 2500	12 a 15
Id. de caliza (fresca)	2300 a 2500	6 a 8
Id. de caliza (seca)	2200 a 2400	8 a 10
Fábrica de ladrillos de Borgoña (fresca)	1800 a 1900	10 a 14
Id. de ladrillo ordinario (fresca)	1600 a 1700	5 a 7
Id. de ladrillo ordinario (seca)	1450 a 1600	5 a 7
Id. de ladrillo hueco	900 a 1200	3 a 5
Hormigón	1900 a 2400	10 a 12
Mortero de cal	1860 a 2100	3 a 5
Id. de cal hidráulica	—	8 a 10
Id. de cemento	1660 a 1700	12 a 15
Tapial de arcilla y paja (húmedo)	1200	—
Id. de arcilla y paja (seco)	1040	—
Asfalto en polvo	1100 a 1200	—
Id. comprimido	2100	—
Escorias	770 a 985	—
Yeso recién amasado	1570 a 1600	2 a 3
Id. seco	1000 a 1400	3 a 5
Ladrillos de yeso	1160 a 1200	3 a 5
Porcelana	2320 a 2620	—
Vidrio	2450 a 2640	20 a 25
Cristal	3330	—
Flintglass	3590 a 4430	—
Nieve fresca	100 a 125	—
Id. helada	500	—
Paja en montón	60 a 70	—
Cereales en general	620 a 750	—
Harina de trigo	720 a 780	—

Resistencia que presentan los yesos al desprendimiento

(según VICAT y RONDELET; véanse también los experimentos a que se refiere la tabla de la página 291)

MATERIALES	CARGA que da origen al desprendimiento Kg/cm²
Yeso amasado duro	45
» » como de ordinario	5
» » con 1,5 volúmenes de arena ordinaria	6
» » con 1,5 volúmenes de arena gruesa	4
» » con 1,5 volúmenes de gravilla menuda	3
Adherencia del yeso a los ladrillos y piedras	3
Adherencia del yeso al hierro	14

Resistencia transversal (esfuerzo cortante) debida a la adherencia o a la cohesión del mortero

NATURALEZA DE LA FÁBRICA	ÁREA cm²	EDAD de la fábrica días	Resistencia al esfuerzo cortante Kg/cm²
Experimentos de Boitard			
Caliza sobre caliza, ambas preparadas con bujarda y trabadas con mortero de cal grasa y arena fina.	100 a 200	17	0,66
	300 a 500	17	0,94
	4700	48	0,12
La misma fábrica con mortero de cal grasa y cemento.	100 a 200	17	0,32
	300 a 500	17	0,53
La misma con mortero de cal grasa sin reventar	4700	48	0,11
Experimentos de Morin			
Caliza blanda sobre caliza blanda, con mortero de cal hidráulica y arena fina . . .	200 a 300	83	1,80
	200 a 300	48	0,20
	400 a 300	43	1,00
	700 a 600	48	1,00
	800	48	0,94
Ladrillos ordinarios fijados con el mortero anterior	130	48	1,40
	260	48	1,00
Caliza blanda sobre caliza blanda, con yeso ordinario	200	48	2,20
	800	48	2,80
Caliza azul de grafito, muy lisa, sobre el mismo material, trabados con yeso. . .	250	48	1,10
	450	48	2,00

Siempre que sea posible, deben ensayarse los materiales, en vez de conformarse con los datos publicados en los libros, porque las muestras son muy variables en peso y en resistencias.

En todos los casos, conviene no tomar como coeficiente de trabajo para las piedras y materiales de fábrica más que $^1/_{10}$ de la carga de rotura.

En la página 42 hemos indicado el coeficiente de trabajo de algunas construcciones notables; he aquí varios datos más:

Columnas inferiores de las escaleras de la Opera (París): basamento de pórfido verde, fuste de granito	100	Kg/cm²
Muros del escenario del teatro de la Opera (París): caliza dura	30	»
Salmeres del puente de Alejandro III en París: granito. .	46	»
Salmeres del viaducto de l'Erdre: granito.	30	»
Columnas de la basílica de San Pablo Extramuros de Roma: granito	20	»
Pilares del primer piso del depósito de Montsouris (cerca de París): ladrillo	16 a 18	»
Columnas de la capilla de la Virgen, en San Esteban de Auxerre: caliza colocada normalmente al lecho de cantera.	11	»
Columnas del coro de la iglesia de Senlis: piedra de talla .	19	»

RESISTENCIA DE LAS MADERAS

Las maderas son susceptibles de trabajar por *compresión,* como sucede con los postes y pies derechos; por *flexión,* como en las vigas y viguetas, etc., y por *tracción,* como en los tirantes, cepos, etc.

Peso específico, resistencia al aplastamiento y coeficiente de trabajo de diversas maderas, expresados en kilogramos por cm²

MADERAS	PESO ESPECÍFICO	Resistencia al aplastamiento		Coeficiente de trabajo k	
		Desecada naturalmente Kg/cm²	Desecada dos meses en estufa Kg/cm²	Compresión Kg/cm²	Tracción Kg/cm²
Caoba	0,56 (con savia 1,0)	576	576	57	—
Aliso	0,51 a 0,80	480	489	48	—
Abedul (América).	0,49 a 0,99	—	820	82	—
» (Inglaterra)	0,49 a 0,99	232	450	23 a 45	—
Boj	0,90 a 1,30	1400	—	140	—
Cedro	0,56 a 0,60	399	412	39 a 41	—
Encina inglesa . .	0,97 (con savia)	456	707	45 a 70	80
» de Dantzig. / » muy seca .	0,7 seca (con savia 0,9)	—	543	54	—
» de Quebec.	—	297	421	29 a 42	—
Fresno.	0,55 seco (con savia 0,9)	610	658	61 a 65	110
Haya	0,59 seca (con savia 0,98)	543	658	54 a 65	80
Alerce.	0,47 seco (con savia 0,92)	225	391	22 a 39	110
Nogal	0,66 seco (con savia 0,88)	426	508	42 a 50	—
Olmo	0,55 seco (con savia 0,99)	—	726	72	—
Manzano	0,4 seco (con savia 0,8)	218	360	21 a 36	80
Pino amarillo relleno de trementina.	—	378	383	38	—
Pino rojo	0,814 a 0,828	379	528	37 a 52	—
» resinoso . .	—	477	477	47	80
Manzano silvestre.	0,692	457	502	45 a 50	—
Peral	—	690	—	69	—
Ciruelo	0,711 a 0,790	579	737	57 a 73	—
Abeto blanco . .	0,48 seco (con savia 0,89)	477	513	47 a 51	60 a 90
» de Prusia .	0,528 a 0,557	457	479	46	—
» rojo . . .	0,48 seco (con savia 0,87)	404	463	42	100
Sauce	0,392 a 0,585	203	431	20 a 45	—
Saúco	0,685 a 0,700	524	701	52 a 70	—
Sicomoro. . . .	0,736	498	—	49	—
Teca	—	—	850	85	110
Temblón	0,526	57	—	5,7	—

Acerca del peso específico de las maderas, véanse también los datos indicados en las páginas 658 y siguientes.

Cálculo de las piezas de madera expuestas al pandeo.—Es un hecho experimental bien conocido que un prisma rectilíneo, cuyas dimensiones transversales sean muy pequeñas, comparadas con su

longitud, se pandea cuando se comprime en el sentido de sus fibras.

Si se supone que el eje del prisma se mantiene matemáticamente en la dirección de las fuerzas exteriores que lo solicitan, no hay realmente razón alguna para que el prisma se pandee en un sentido más que en el otro y no puede deducirse la causa que pueda producir la inflexión en este caso.

Pero el hecho se explica fácilmente como consecuencia del estado de equilibrio del prisma. Este equilibrio, en efecto, por lo mismo que el prisma está sometido a la compresión, no existe más que en teoría; es evidente que el prisma cargado no presenta una homogeneidad perfecta en su composición y que uno de los lados puede ser más débil y, entonces, la carga casi en su totalidad insiste sobre el lado que resiste. Otras veces, por causa de un corte vicioso o de un asiento imperfecto, cosa frecuente, el equilibrio es inestable, es decir, que la menor desviación del eje del prisma provocada por las razones que acabamos de exponer, determina en ciertos casos el desarrollo de fuerzas exteriores capaces de provocar una desviación considerable del eje, ocasionando la flexión lateral del prisma.

Actúa, pues, sobre la pieza un esfuerzo de compresión combinado con otro de flexión y, por consiguiente, la pieza, si su menor dimensión no está en relación con su longitud, puede *quebrarse* antes de *aplastarse*.

CARGAS QUE PRODUCEN LA ROTURA POR PANDEO EN ALGUNAS MADERAS
(Siendo l la longitud de la pieza y b su dimensión transversal más pequeña)

MADERA	Carga de rotura en Kg/cm² cuando la relación entre l y b vale:				
	menos de 12	12	24	48	60
Encina francesa	385 a 463	321 a 385	192 a 231	64 a 77	32 a 38
» inglesa	250 a 271	208 a 226	125 a 135	41 a 45	20 a 22
Abeto francés	462 a 538	385 a 448	231 a 269	77 a 89	38 a 44
» blanco inglés	130 a 135	108 a 112	65 a 67	21 a 22	10 a 11
Pino de América	110 a 118	91 a 98	55 a 59	18 a 19	9 a 9,5
Olmo	90	75	37	12	6

Suponiendo un pie derecho de sección, ya cuadrada, ya rectangular, y designando por:

l la longitud de la pieza en m,
b el lado de la sección, si es cuadrada, en m,
d el diámetro de la sección, si es circular, en m,
P la carga que produce la rotura en Kg,

se calculará esta última, para la encina y el abeto, por las fórmulas:

$P = (2000\,b - l)^2$ si la sección es cuadrada;
$P = (1800\,d - l)^2$ si la sección es circular;

las dimensiones de la sección se determinarán por las fórmulas siguientes:

$$b = \frac{l + \sqrt{P}}{2000}; \quad d = \frac{l + \sqrt{P}}{1800}.$$

COEFICIENTE DE TRABAJO ADMISIBLE, EN PIEZAS DE MADERA SOMETIDAS A COMPRESIÓN, PARA EVITAR EL PANDEO

MADERA	Coeficiente de trabajo en Kg/cm² cuando la relación entre l y b vale:										
	menos de **12**	**12**	**16**	**20**	**24**	**28**	**32**	**36**	**40**	**48**	**60**	**108**
Encina fuerte .	30 a 40	26	21,2	17,8	15	12	10,8	9,2	7,6	5	2,5	—
» blanda.	19	8,4	7,4	6,4	5,2	—	—	—	—	—	—	—
Abeto amarillo o rojo . . .	40 a 50	35	28,4	24,2	17,6	17,6	15	13,2	11,2	7,5	—	—
Abeto blanco .	9,7	8	6,6	5,8	—	—	—	—	—	—	—	—
Olmo	9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Obsérvese que, según los experimentos, el abeto da una resistencia mayor que la encina. Conviene, sin embargo—y esto es muy importante—tener en cuenta el modo muy distinto de comportarse ambas maderas en la práctica.

La encina resiste bien a la humedad y a las influencias atmosféricas, mientras que el abeto se corrompe por el agua o se deseca en el aire, volviéndose muy quebradizo. Por consiguiente, se puede aconsejar el empleo del abeto en aquellas construcciones provisionales que exijan una gran resistencia y la encina para las de carácter definitivo sometidas a una carga permanente.

Más adelante, en la sección de *Estática gráfica,* se expone la fórmula de Rankine, relativa al pandeo de las piezas de una estructura sometidas a compresión: dicha fórmula y la tabla correspondiente pueden utilizarse también aquí.

Cálculo de las piezas de madera sujetas a flexión simple.—Los esfuerzos transversales que deben preocupar al constructor son, en arquitectura civil, muy poco interesantes, pues generalmente trata con piezas completamente apoyadas en dos puntos y soportando una carga conocida y uniformemente repartida; sólo en carpintería de armar hay que tener en cuenta la inclinación de las piezas que modifica las dimensiones de la sección.

Como regla general, para calcular una viga o una vigueta, es preciso conocer siempre la luz, la separación—de eje a eje—entre las vigas o viguetas y, por fin, la carga y sobrecarga por metro cuadrado que deberá soportar el piso.

La luz es fácil de conocer, pues la da el plano de la construcción;

la separación entre viguetas es arbitraria y varía con las circunstancias; la carga se determina multiplicando el número de metros cuadrados de suelo que gravitan sobre la pieza por un coeficiente que expresa el peso propio más el de la sobrecarga que corresponden a cada metro cuadrado de piso. Acerca de este coeficiente, véanse datos en las páginas 244 y 245, así como las cifras de las tablas XII y XIV del capítulo XVIII.

Dicha carga se supone uniformemente repartida en toda la longitud de la viga o vigueta; si ésta se halla simplemente apoyada en los extremos, ya hemos visto (pág. 676) que las dimensiones de su sección transversal se calculan por la fórmula:

$$^1/_8\, p\, L^2 = {}^1/_8\, P L = k \frac{I}{n}.$$

El significado de las letras se ha detallado en la figura 1663.

En la fórmula anterior, los valores P y L resultan de los datos del problema y el de k se fija atendiendo al material, al grado de seguridad apetecido o a lo dispuesto en las ordenanzas de policía urbana; por lo tanto, de ella se puede despejar el de $\frac{I}{n}$ que, a su vez, permite obtener las dimensiones de la sección.

CÁLCULO DE LAS VIGAS DE UN SUELO.—Supongamos un piso de madera (fig. 1683) del cual hayan de calcularse las vigas y viguetas. Los datos son los siguientes:

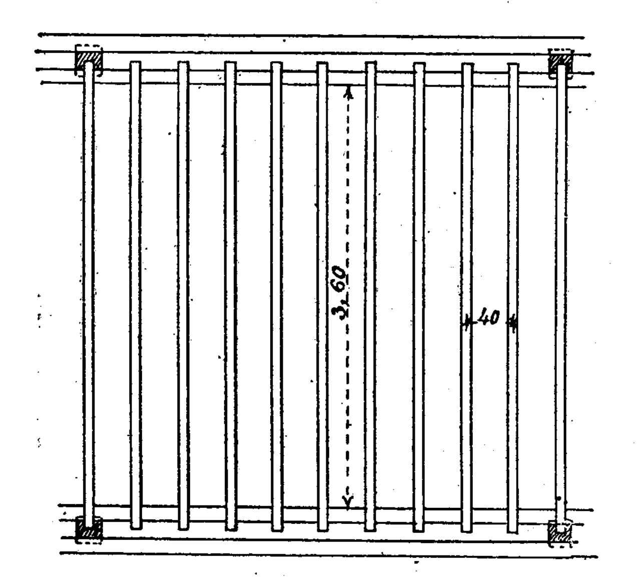


Fig. 1683.
Croquis para calcular las viguetas, de un suelo de madera.

luz de las vigas maestras . . .	4,00 m
luz de las viguetas	4,00 »
separación entre ejes de las viguetas. . . .	0,40 »
coeficiente de carga y sobrecarga	900 Kg/m²

Cada viga maestra tendrá que sostener una carga total uniformemente repartida $P = 4{,}00 \times 4{,}00 \times 900 = 14400$ Kg (de modo que la carga por metro de viga es $p = {}^1/_4 \times 14400 = 3600$ Kg/m); por lo tanto, se producirá un momento flector máximo:

$$\frac{PL}{8} = \frac{14400 \times 4{,}00}{8} = 7200 \text{ Kg-m} = 720000 \text{ Kg-cm}.$$

Si ahora suponemos que la madera trabaja a 60 Kg/cm², se obtendrá:

$$\frac{I}{n} = \frac{720\,000}{60} = 12\,000 \text{ cm}^3.$$

Se trata, pues, de encontrar una sección cuyo momento resistente $\frac{I}{n}$ valga 12000 cm³, operación muy rápida si se dispone de tablas ya calculadas; de no ser así, se procede por tanteos. Supongamos que, para el ejemplo en cuestión, se elige una sección rectangular (fig. 1684) cuyas dimensiones sean $b = 40$ cm y $h = 45$ cm; según se ha dicho (pág. 677), el momento resistente de la sección es

$$\frac{I}{n} = \frac{b\,h^2}{6} = \frac{40 \times 45^2}{6} = 13\,500 \text{ cm}^3,$$

Fig. 1684.

cifra que es un poco superior a la que buscamos. Deberíamos, pues, disminuir un poco una de las dimensiones b o h y repetir el cálculo; sin embargo, es más rápido el procedimiento siguiente: conocido el valor de $\frac{I}{n}$ necesario y teniendo en cuenta la altura h que se puede dar a la viga (atendiendo al espesor que puede tener el suelo y a las maderas que existan en el comercio), se calculará el valor de $\frac{I'}{n}$ para una viga de h centímetros de altura y un centímetro de ancho. Así, si partimos de que la altura ha de tener 45 cm:

$$\frac{I'}{n} = \frac{1{,}0 \times 45^2}{6} = 337 \text{ cm}^3.$$

De modo que el ancho de la viga, en nuestro ejemplo, deberá ser:

$$b = \frac{12000}{337} = 35 \text{ cm, aproximadamente.}$$

Si estas vigas maestras o carreras fuesen gemelas de modo que encepasen los pies derechos, cada una debería tener un momento resistente de 6000 cm³, lo que se conseguiría con una escuadría de 23 × 40 cm, por ejemplo.

Aplicando el mismo método de cálculo a las viguetas, cuyos datos son:

luz de cada vigueta	4,00 m
separación entre ejes de viguetas	0,40 »
coeficiente de carga total	900 Kg/m²

se obtendría, como carga total sobre la vigueta:

$$P = 4{,}00 \times 0{,}40 \times 900 = 1440 \text{ Kg},$$

de modo que la carga uniformemente repartida por metro lineal de vigueta es $p = 360$ Kg/m; el momento flexor máximo vale:

$$\frac{PL}{8} = \frac{1440 \times 4{,}00}{8} = 720 \text{ Kg-m} = 72000 \text{ Kg-cm}.$$

Haciendo trabajar la madera a 60 Kg/cm², como en el caso precedente, tendremos:

$$\frac{I}{n} = \frac{72000}{60} = 1200 \text{ cm}^3,$$

cifra que puede obtenerse con una pieza de 15 × 22 cm de escuadría.

En la tabla siguiente están calculados los valores de $\frac{I'}{n}$ para vigas de varias alturas y de un centímetro de ancho. Es suficiente, pues, dividir el valor de $\frac{I}{n}$ que se necesita por el que corresponde en la tabla a la altura elegida, para obtener el ancho de la viga.

ALTURA h	$\frac{I'}{n}$	Carga total P' uniformemente repartida admisible *por cada centímetro de ancho de viga*, para $k = 60$ Kg/cm² y luces de:							
		1,00 m	2,00 m	3,00 m	4,00 m	5,00 m	6,00 m	7,00 m	8,00 m
cm	cm³	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg
6	6,0	28	14	9	7	5	—	—	—
8	10,7	48	24	16	12	9	8	—	—
10	16,7	76	38	25	19	15	12	10	—
11	20,2	96	48	32	24	19	16	13	12
12	24,0	115	57	38	28	23	19	16	14
14	32,7	153	76	51	38	30	25	21	19
16	42,7	206	103	68	51	41	34	29	25
18	54,0	259	129	86	64	51	43	37	32
20	66,7	321	160	107	80	64	53	45	40
22	80,7	384	192	128	96	76	64	54	48
23	88,2	422	211	140	105	84	70	60	52
24	96,0	460	230	153	115	92	76	65	57
26	112,7	542	271	180	135	108	90	77	67
28	130,7	624	312	208	156	124	104	89	78
30	150,7	720	360	240	180	144	120	102	90
32	170,7	816	408	272	204	163	136	116	102
34	192,7	926	463	308	231	185	154	132	115
36	216,0	1036	518	345	259	207	172	148	129
38	240,7	1152	576	384	288	230	192	164	144
40	266,7	1276	638	425	319	255	212	182	159
45	337,5	1617	808	539	404	323	269	230	202

Hay que tener en cuenta que, en las cargas que da dicha tabla, se incluye el peso de la viga, pues no ha sido posible deducirlo toda vez que el peso específico de las maderas varía mucho. Por esta razón, de la cifra que dé la tabla habrá que restar, en cada caso particular, el peso propio de la viga para obtener el peso de suelo que realmente puede sostener la pieza.

No hay nada más sencillo que servirse de esta tabla. Supongamos que se quiere hallar el valor de $\frac{I}{n}$ correspondiente a una pieza de madera de 8×22 cm y la carga que puede soportar para una luz de seis metros. Buscando en la columna h la altura de 22 cm, vemos que le corresponde un valor de $\frac{I'}{n} = 80$ cm³ por cada centímetro de ancho; multiplicándolo por 8, puesto que la pieza dada tiene 8 cm de ancho, hallaremos $\frac{I}{n} = 640$ cm³ como valor correspondiente para la sección total. Para saber el peso que soportará esta pieza con una luz de seis metros (suponiendo un coeficiente de trabajo $k = 60$ Kg/cm²), tomaremos en la columna correspondiente a 6,00 m la cifra que queda frente al 22 cm de la columna h y encontraremos $P' = 64$ Kg que, multiplicado por 8 (puesto que la pieza de que tratamos tiene 8 cm de ancho) dará $P = 512$ Kg. Si se quisiera que el material trabajase a más de 60 Kg/cm²—por ejemplo a 70 Kg/cm²—bastaría multiplicar los valores de P' que diese la tabla por $\frac{70}{60} = 1{,}168$; si se exigiese mayor coeficiente de seguridad, imponiendo que el de trabajo no debe pasar de 50 Kg/cm² se multiplicarían los valores de P' por $\frac{50}{60}$.

CÁLCULO DE PIEZAS INCLINADAS.—Una pieza inclinada (figura 1685), cuando puede considerarse como simplemente apoyada en sus dos extremos y cargada uniformemente, se calcula por la fórmula siguiente:

$$\frac{PL}{8} \cos \alpha = k \frac{I}{n}.$$

Fig. 1685.

Ejemplo:

luz A del local . . . . 4,00 m
ángulo de inclinación. . . . . $\alpha = 25^0$
luz efectiva de la pieza . . $L = \frac{A}{\cos \alpha} = \frac{4{,}00}{0{,}91} = 4\ 40$ m
carga (tomada arbitrariamente) . . . . . $P = 2400$ Kg

se obtendrá, pues, un momento flexor:

$$\frac{2400 \times 4{,}40}{8} \times 0{,}91 = 1200 \text{ Kg·m} = 120000 \text{ Kg·cm}.$$

Tomando $k = 80$ Kg/cm², como coeficiente de trabajo de la madera, se tendrá:

$$\frac{I}{n} = \frac{120000}{80} = 1500 \text{ cm}^3.$$

Hay que buscar, pues, una pieza cuya sección tenga un valor de $\frac{I}{n}$ igual a 1500 cm³, por ejemplo de 15 × 25 cm de escuadría.

Empotramiento.—Se considera, en general, que una pieza empotrada en sus dos extremos (fig. 1686) presenta una resistencia doble de la que tendría si estuviese simplemente apoyada. Esto sería cierto si el empotramiento fuese perfecto. En este caso—imaginando el empotramiento como debido a dos cuñas, una superior y otra inferior — se produciría un doble esfuerzo de flexión: primeramente en el centro de la viga, por una inflexión hacia abajo, y después en el empotramiento por una flexión en sentido inverso junto a la cuña inferior. Si una viga o una vigueta se encuentran en estas condiciones, es cierto que la combinación de los esfuerzos de flexión inversos proporcionaría una resistencia considerable, doble que en el caso de simple apoyo. Pero, en la práctica, no sucede así, porque razones diversas impiden que dicho empotramiento sea perfecto; por lo tanto, será prudente considerar las piezas como simplemente apoyadas.

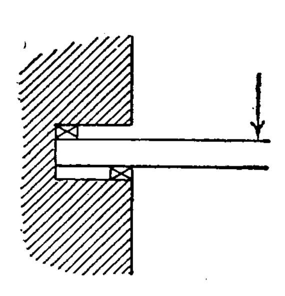


Fig. 1686.

RESISTENCIA DE LOS HIERROS

Coeficientes de resistencia y de trabajo.—El hierro es el material por excelencia de la construcción moderna; compite con la piedra y, en numerosos casos, permite la ejecución de trabajos que no serían posibles sin acudir a este material. Además, es muy apto para resistir, indistintamente, esfuerzos de tensión o de compresión, esfuerzos cortantes y flexión.

Generalmente se admiten en construcción las siguientes cargas para el hierro, la fundición y el acero.

CLASE de material	COEFICIENTE DE ROTURA				COEFICIENTE DE TRABAJO			
	Tracción	Compresión	Esfuerzo cortante	Flexión	Tracción	Compresión	Esfuerzo cortante	Flexión
	Kg/mm²	Kg/mm²	Kg/mm²	Kg/mm²	Kg/mm²	Kg/mm²	Kg/mm²	Kg/mm²
Hierro laminado	35 a 45	25 a 40	28 a 34	35 a 45	6-8 y 10	6	5 a 7	6-8 y 10
Fundición . . .	6 a 20	45 a 100	6 a 19	19 a 40	1 ½ y 2	8 a 12	2 a 3	2-3 y 4
Acero templado.	100 a 269	—	—	140 a 190	25 a 40	—	—	25 a 40
Acero fundido .	45 a 80	—	—	25 a 51	—	12	—	6 a 10
Acero	—	100 a 200	36 a 50	—	9 a 15	12 a 20	8 a 10	9 a 15

La tabla anterior muestra que el hierro tiene la misma resistencia a la tracción que a la flexión, y que los coeficientes para la compresión y para el esfuerzo cortante no se separan mucho de los dos primeros; la fundición resiste unas cuatro veces más, trabajando a compresión, que a cualquier otra clase de esfuerzos.

En Francia, en los trabajos del Estado se admite que—en la posición más desfavorable de las sobrecargas que la obra haya de soportar — el trabajo del metal debe limitarse a los valores siguientes:

150 $Kg/cm^2 = 1{,}5$ Kg/mm^2 para la *fundición* que trabaje por tracción simple;

300 Kg/cm^2 para la *fundición* en las fibras extendidas de una pieza flexada;

500 Kg/cm^2 para la *fundición* que trabaje por compresión o en las fibras comprimidas de una pieza flexada;

600 Kg/cm^2 para el *hierro dulce* o *laminado,* lo mismo a la tracción que a la compresión.

Cálculo de las piezas metálicas sujetas a simple tracción.—Esta resistencia es el esfuerzo que oponen las moléculas de una varilla o barra a una fuerza que tiende a separarlas. Cuando la carga aplicada actúa completamente según el eje de la pieza, se puede admitir que la carga se reparte uniformemente en toda la sección transversal.

Llamando:

P la carga total conocida en Kg,
S el área de la sección en cm^2,
k el coeficiente de trabajo que puede soportar con seguridad el material en Kg/cm^2,

la fórmula para calcular la sección será:

$$S = \frac{P}{k}.$$

Si se quiere tener en cuenta el alargamiento posible λ hay que recurrir a la fórmula:

$$\lambda = P\frac{L}{ES} = k\frac{L}{E},$$

que se deduce de la expuesta anteriormente en la página 673.

Esfuerzos de tracción que pueden soportar los metales hasta la rotura (según *Morin, Poncelet,* etc.)

No se debe tomar como *coeficiente de trabajo* una cifra superior a $^1/_6$ ó a $^1/_5$ del coeficiente de rotura.

Material	Clase	Esfuerzo	
Hierro forjado o estirado en barras . .	de poca sección y excelente calidad . . .	6000	Kg/cm²
	de mucha sección (barras de 40 × 60) y mediana calidad	2500	»
	fundido (acero dulce Martin-Siemens)	1350 a 1250	»
Palastro . .	esfuerzo en el sentido del laminado . . .	4100	»
	esfuerzo en el sentido perpendicular . . .	3600	»
Hierro en llanta, muy dulce		4500	»
Alambre de hierro no recocido .	del Aguila, empleado en cordelería, de 23 mm de diámetro	9000	»
	el más resistente, de 0,5 a 1,0 mm de diámetro	8000	»
	el menos resistente, de mucho diámetro . .	5000	»
Alambre de hierro en haces o en cables		3000	»
Cadenas de hierro dulce	ordinarias de eslabones oblongos	2400	»
	de eslabones afianzados	3200	»
Fundición gris	la más resistente, moldeada verticalmente .	1350	»
	la menos resistente, moldeada horizontalmente	1250	»
Acero	de cementación, estirado con el martillo, en secciones pequeñas y de primera calidad.	10000	»
	la clase más inferior	3600	»
	en promedio	7500	»
Bronce de cañones, por término medio		2300	»
Cobre	batido	2500	»
	fundido	1340	»
	alambre sin recocer, de diámetro inferior a 1,00 mm y muy buena calidad	7000	»
	alambre sin recocer, de 1 a 2 mm, calidad media	5000	»
	alambre sin recocer, calidad inferior . .	4000	»
Latón	fundido	1260	»
	alambre sin recocer, de diámetro inferior a 1,00 mm	8500	»
	alambre sin recocer, de más de 1,00 mm y calidad mediana	5000	»
Alambre de platino no recocido, de 0,127 mm de diámetro.		11600	»
Alambre de platino recocido		3400	»
Estaño fundido		300	»
Zinc fundido		600	»
» laminado		500	»
Plomo fundido		128	»
» laminado		135	»
Alambre de plomo fundido y pasado por la hilera		136	»

Cálculo de las piezas metálicas expuestas al pandeo.—Si la pieza está sometida a un esfuerzo de compresión en el sentido de su eje longitudinal, el acortamiento es proporcional a la carga soportada por unidad de superficie de la sección transversal y proporcional también a su longitud total, cuando esta longitud no pasa de doce veces la dimensión mínima de la sección. Se puede calcular, entonces, la pieza mediante las fórmulas expuestas para las que sufren tracción.

Hemos dicho (pág. 687) que, suponiendo la pieza cargada absolutamente sobre su eje, en teoría la repartición del esfuerzo es uniforme y que por lo tanto no hay ninguna razón para que se produzca una flexión lateral. Sin embargo, no sucede así en la realidad: por ejemplo (figs. 1687 y 1688), el peso P será mayor que el P', lo que dará lugar, si la viga sufre una flexión aunque sea ligera, a un empuje oblicuo que tenderá a pandear el pie derecho como indican las figuras.

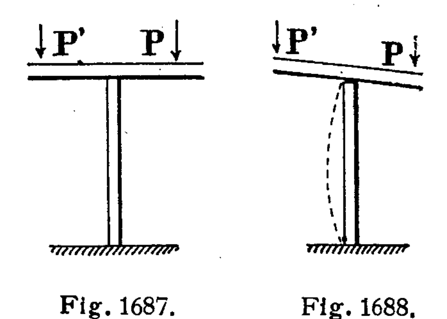


Fig. 1687. Fig. 1688.

En las construcciones ordinarias, apenas hay que tener en cuenta el pandeo; las columnas, aunque se superpongan desde la planta baja hasta el último piso, no alcanzan nunca la longitud peligrosa para el pandeo, pues van arriostradas por los suelos. Basta reducir el coeficiente de trabajo a 500 ó 600 Kg/cm² para tener completa seguridad.

Según *Morin*, la *resistencia* de diversos metales *al aplastamiento* es la siguiente:

hierro forjado . .	5000 Kg/cm²	cobre fundido . .	8000 Kg/cm²
fundición	10000 »	cobre forjado . .	2800 »
bronce de cañones.	25000 »	estaño fundido . .	600 »
latón	2800 »	plomo fundido . .	140 »

La fundición puede resistir con seguridad hasta 1200 Kg/cm² trabajando a compresión como se ha indicado en la tabla de la página 694. Una pieza de fundición cuya altura varíe entre 1 y 5 veces la dimensión transversal más pequeña, no se aplasta sino bajo una carga de 7500 a 8000 Kg/cm².

Claudel da la siguiente fórmula para obtener el peso con que puede cargarse con seguridad una columna:

$$P = \frac{1250\,S}{1{,}45 + 0{,}00337\left(\frac{l}{d}\right)^2};$$

1250 equivale a $^1/_{16}$ de la carga que produce el aplastamiento, S es la sección en centímetros cuadrados, l y d las dimensiones del pilar en centímetros (longitud y diámetro).

PESO DE LAS COLUMNAS MACIZAS DE FUNDICIÓN Y CARGA DE SEGURIDAD QUE ADMITEN, TRABAJANDO A 1000 KG/CM²

Diámetro de la columna	Peso por metro de fuste, sin basa ni capitel	Carga de seguridad P, en toneladas, que admiten las columnas siendo su altura:								
		2,00 m	2,50 m	3,00 m	3,50 m	4,00 m	4,50 m	5,00 m	5,50 m	6,00 m
mm	Kg/m	ton.	ton.	ton.	ton.	ton.	ton.	ton.	ton.	ton.
80	36	13,0	9,5	7,0	—	—	—	—	—	—
90	46	19,0	14,0	10,5	8,5	—	—	—	—	—
100	56	26,0	20,0	15,5	12,0	10,0	—	—	—	—
110	69	34,0	27,0	22,0	17,5	14,5	11,5	—	—	—
120	82	44,0	35,0	29,0	23,5	19,0	16,0	14,5	—	—
130	96	55,0	46,0	38,0	31,0	25,5	21,0	18,0	16,0	—
140	111	68,0	57,0	48,0	40,0	33,0	27,0	23,0	20,5	19,0
150	127	82,0	69,0	58,0	49,0	42,0	35,0	30,0	25,5	23,0
160	145	97,0	82,0	70,0	61,0	52,0	44,0	38,0	32,0	28,0
170	164	—	98,0	84,0	73,0	63,0	54,0	47,0	40,0	35,0
180	183	—	—	99,0	86,0	76,0	66,0	57,0	49,0	43,0
190	205	—	—	—	101,0	89,0	78,0	69,0	60,0	52,0
200	226	—	—	—	—	103,0	92,0	81,0	71,0	63,0

Los pesos indicados en la tabla anterior se refieren a un metro lineal de fuste; se puede agregar, para una columna de tres metros, como término medio unos 40 Kg para basa y capitel. Se admite que, en las columnas macizas, el ensanchamiento de la parte central aumenta la resistencia en $^1/_8$ aproximadamente.

RESISTENCIA DE LAS COLUMNAS HUECAS DE FUNDICIÓN.—Por las razones que hemos dado anteriormente, a propósito de la flexión en los apoyos verticales, es más racional, cuando se llega a darles mucha altura, emplear columnas huecas, en las que el material resiste a la compresión tan bien como en las columnas macizas y, además, hallándose el material alejado de la fibra neutra y concentrado en la periferia, a igualdad de peso, tienen mayor momento de inercia y, por lo tanto, mucha mayor resistencia a la flexión o pandeo.

Cuando no se utilizan las columnas huecas como bajada de las aguas pluviales (lo que, si no se tiene la precaución de colocar en su interior un tubo de plomo de diámetro inferior al del hueco, para evitar los efectos de la congelación de las aguas, puede causar la rotura de la columna), se pueden rellenar con hormigón fino de cemento, con mortero o sencillamente con arena, materiales incompresibles que contribuyen a resistir la carga.

Se admite, en general, que la resistencia de una columna hueca es igual a la que tendría la columna maciza, menos la de otra columna de la misma altura que pueda rellenar el hueco, o sea (véase el artículo anterior):

$$P = \frac{1250\,S}{1{,}45 + 0{,}00337\left(\frac{l}{d}\right)^2} - \frac{1250\,S'}{1{,}45 + 0{,}00337\left(\frac{l}{d}\right)^2}.$$

PESO DE LAS COLUMNAS HUECAS DE FUNDICIÓN Y CARGA DE SEGURIDAD QUE ADMITEN, TRABAJANDO A 1000 KG/CM²

Diámetro exterior de la columna	Espesor de las paredes	Peso por metro de fuste, sin basa ni capitel	Carga de seguridad P, en toneladas, que admiten las columnas siendo su altura:								
			3,00 m	3,50 m	4,00 m	4,50 m	5,00 m	5,50 m	6,00 m	6,50 m	7,00 m
mm	mm	Kg/m	ton.	ton.	ton.	ton.	ton.	ton.	ton.	ton.	ton.
120	20,0	45	22	19	16	14	12	—	—	—	—
130	20,0	50	27	23	20	17	15	—	—	—	—
140	22,5	60	34	29	26	22	19	17	—	—	—
150	22,5	65	39	34	30	26	23	20	—	—	—
160	25,0	76	48	43	38	34	30	26	23	—	—
170	25,0	82	53	48	43	39	34	30	27	—	—
180	25,0	88	58	53	48	43	38	34	31	—	—
190	25,0	93	64	58	53	48	43	39	35	—	—
200	27,5	107	76	70	64	58	53	48	43	39	—
210	27,5	113	82	76	70	64	58	53	48	44	—
220	27,5	120	89	83	76	70	64	59	54	49	—
230	27,5	126	96	89	83	76	70	65	60	55	—
240	30,0	142	110	102	96	89	82	76	70	64	59
250	30,0	149	117	110	103	96	89	83	77	71	65
260	30,0	155	124	117	110	103	96	89	83	77	71
270	30,0	163	131	124	117	109	102	96	89	83	77
280	30,0	170	138	131	123	116	109	102	96	89	83
290	30,0	176	146	138	131	124	117	110	103	96	90
300	30,0	183	152	144	137	130	123	116	109	102	96

De las dos tablas anteriores se pueden obtener las cargas de seguridad que corresponderían, imponiendo a la fundición un trabajo de 900 u 800 Kg/cm² en lugar de 1000 Kg/cm², multiplicando las cargas de las tablas por 0,9 ó por 0,8 respectivamente.

Ejemplo: Una columna hueca de 200 mm de diámetro, trabajando a 1000 Kg/cm² puede soportar, para una altura de 5 m, una carga de 53 toneladas. Si se quiere que no trabaje el material a más de 600 Kg/cm² es suficiente multiplicar 53 por 0,6 y se obtendrá 31,8 toneladas.

Los pesos indicados en la tabla anterior se refieren al metro lineal de fuste siendo necesario, como en las columnas macizas, agregar unos 40 Kg para basa y capitel como término medio.

Fig. 1689. — Pieza sometida al esfuerzo cortante.

Cálculo de las piezas metálicas sujetas al esfuerzo cortante. — El esfuerzo cortante es el que oponen las moléculas de una pieza a la acción de fuerzas paralelas a su sección transversal.

La experiencia ha demostrado que esta resistencia dentro de ciertos límites es, como las precedentes, proporcional al área de la sección y puede expresarse por:

$$T = k' S, \quad k' = \frac{T}{S}, \quad S = \frac{T}{k'}.$$

Siendo T el esfuerzo paralelo a la sección S, y k' el coeficiente de trabajo al esfuerzo cortante por unidad de sección.

Cálculo de las piezas metálicas sujetas a flexión simple.—En la tabla de la página 694 se han indicado los coeficientes de trabajo k a la flexión. Se calculan las piezas tal como hemos visto para las de madera, con la única diferencia de que el valor de k es para el hierro dulce igual a 600 Kg/cm² en vez de 60 Kg/cm² que hemos tomado para la madera.

Los constructores han adoptado, generalmente, para los suelos de hierro la fórmula empírica: $h = 0{,}03\,L$, en la que h representa la altura de las viguetas y L la luz en obra de las mismas, pero es mejor siempre recurrir al cálculo.

Aunque damos a continuación tablas calculadas para diferentes secciones de perfiles simples y compuestos, vamos a indicar la manera como se efectúa la determinación de las dimensiones.

CÁLCULO DE LAS VIGUETAS DE UN PISO.—Supondremos los datos siguientes:

luz entre los puntos de apoyo	5,00 m
separación entre viguetas, de eje a eje . .	0,70 »
carga total del suelo	400 Kg/m²

La vigueta tendrá que soportar:

$$P = 5{,}00 \times 0{,}70 \times 400 = 1400 \text{ Kg}$$

y el momento de flexión que esta carga produce se determinará por la fórmula (pág. 676, fig. 1663):

$$\frac{PL}{8} = \frac{1400 \times 5{,}00}{8} = 875 \text{ Kg-m} = 87500 \text{ Kg-cm}.$$

Si hacemos trabajar el material a 600 Kg/cm² se deducirá:

$$\frac{I}{n} = \frac{87500}{600} = 145{,}8 \text{ cm}^3.$$

Ahora se trata de buscar una sección de hierro **I** que tenga un valor de $\frac{I}{n}$ igual a 146 cm³, operación muy sencilla si se dispone de tablas que den los valores calculados.

Procederemos, sin embargo, como si no tuviéramos ningún documento que nos pudiera dar hecho el cálculo. Escojamos arbitraria-

mente un hierro de las dimensiones indicadas en la figura 1690; la fórmula que se aplicará para obtener el momento resistente es (pág. 678; aquí b' es $^1/_2\, b'$ de la figura 1667):

$$\frac{I}{n} = \frac{b h^3 - 2\, b' h'^3}{6\, h} = \frac{5{,}5 \times 18^3 - 2 \times 2{,}45 \times 16{,}4^3}{6 \times 18} = 97 \text{ cm}^3.$$

Fig. 1690.

La sección tomada al azar da, pues, un valor de $\frac{I}{n}$ más pequeño que el buscado y hace ver que, empleando este perfil, el hierro trabajaría a más de 600 Kg/cm²; efectivamente, dividiendo el momento de flexión por el resistente se obtendrá:

$$k = \frac{87500}{97} = 902 \text{ Kg/cm}^2,$$

de modo que, si no quisiera admitirse este valor de k, habría que adoptar un tipo de vigueta cuyo momento resistente fuese más aproximado al valor de 146 cm³ que hemos calculado antes.

Conociendo el valor de $\frac{I}{n}$ de una vigueta (que se hallará en los catálogos de hierros laminados) la carga total, uniformemente repartida, que aquélla puede soportar se determina por la fórmula:

$$P = \frac{8\, k}{L} \times \frac{I}{n};$$

para simplificar este trabajo, se han indicado en las tablas siguientes los valores de P—correspondientes a las luces más usuales—para viguetas I laminadas, vigas compuestas, hierros en C, hierros cuadrados y rectangulares, hierros redondos, hierros en T, y hierros angulares de alas iguales y desiguales; dichas tablas facilitan el cálculo de suelos, dinteles, etc.

La carga uniforme p por metro lineal de viga será:

$$p = \frac{P}{L}.$$

En el caso de que la carga esté concentrada en el punto medio de la luz, en lugar de ser uniformemente repartida, es suficiente tomar la mitad de las cargas indicadas en las tablas, pues ya se ha dicho en la página 676 que—a igualdad de carga total P—si es concentrada produce doble momento flexor que si está repartida uniformemente sobre toda la longitud de la viga.

En las tablas de las páginas 702 a 706, de la carga que puede soportar la vigueta no está deducido el peso propio de la misma; por lo tanto, las cifras comprenden peso propio y sobrecarga útil y hay que restar aquél para obtener éste; lo mismo ocurre en las tablas de las páginas 709 a 713.

Figs. 1691 a 1705.	Peso	$I:n$	k	Carga total P en Kg, uniformemente repartida, para luz de:									
	Kg/m	cm³	Kg/mm²	2,0 m	2,5 m	3,0 m	3,5 m	4,0 m	4,5 m	5,0 m	6,0 m	7,0 m	8,0 m
4 / 80 / 41	6,5	21,6	6	517	414	345	295	258	230	207	172	147	129
			8	687	550	458	382	343	309	275	229	191	171
			10	858	687	572	489	420	386	343	286	244	214
7 / 80 / 45	8,5	24,3	6	583	466	388	333	291	259	233	194	166	145
			8	775	619	516	442	387	344	309	258	221	193
			10	967	773	644	552	480	429	386	322	276	240
4.5 / 100 / 45	8,5	34	6	816	652	544	466	408	367	326	272	233	204
			8	1085	867	723	619	542	488	433	361	309	271
			10	1354	1082	903	773	677	609	541	456	386	338
8 / 100 / 48,5	11,5	40,8	6	980	734	652	556	490	435	392	326	278	245
			8	1303	1012	868	739	651	578	521	434	366	325
			10	1626	1301	1084	922	813	722	650	542	461	406
5 / 120 / 45	9,75	45,5	6	1092	873	728	624	546	485	436	364	312	273
			8	1452	1159	968	829	726	645	579	484	414	363
			10	1712	1447	1208	1035	856	805	723	604	517	428
8 / 120 / 48	13,0	52,4	6	1258	1007	838	719	629	559	503	419	359	314
			8	1673	1339	1114	956	836	743	668	557	477	417
			10	2088	1671	1391	1193	1044	927	834	695	595	521
6 / 140 / 47	12,5	64,9	6	1557	1246	1038	890	778	692	623	519	445	389
			8	2070	1657	1380	1183	1034	920	828	690	591	517
			10	2584	2068	1723	1477	1291	1148	1034	861	738	645
10 / 140 / 51	17,0	78	6	1871	1496	1247	1069	935	831	748	623	534	467
			8	2488	1989	1658	1421	1244	1105	994	829	710	622
			10	3105	2483	2070	1774	1552	1379	1241	1035	887	776
6 / 160 / 47	13,5	78,2	6	1875	1500	1250	1072	937	833	750	625	536	468
			8	2493	1995	1662	1425	1246	1107	997	831	712	623
			10	3112	2490	2075	1779	1556	1382	1245	1037	889	778
10 / 160 / 51	18,5	95,3	6	2288	1830	1525	1307	1144	1017	915	762	653	572
			8	3043	2433	2028	1738	1521	1352	1216	1014	869	760
			10	3798	3037	2531	2169	1899	1688	1518	1265	1084	949
7 / 180 / 55	18,5	128,3	6	3072	2463	2052	1759	1536	1368	1931	1026	879	763
			8	4085	3275	2729	2339	2042	1819	1637	1364	1169	1021
			10	5099	4088	3406	2919	2549	2270	2044	1703	1457	1274
11 / 180 / 59	24,0	149,9	6	3596	2877	2398	2055	1798	1598	1438	1196	1027	898
			8	4782	3859	3189	2733	2391	2125	1919	1594	1366	1195
			10	5769	4792	3980	3411	2884	2652	2396	1990	1705	1442
7.5 / 200 / 64	20,5	170	6	4079	3263	2719	2331	2039	1813	1631	1359	1165	1019
			8	5425	4339	3616	3100	2712	2411	2169	1808	1550	1306
			10	6771	5416	4513	3869	3385	3009	2708	2256	1934	1692
11 / 200 / 67,5	26,0	193,3	6	4639	3709	3092	2651	2319	2062	1854	1546	1325	1159
			8	6169	4932	4112	3525	3084	2742	2465	2056	1762	1542
			10	7700	6156	5132	4400	3849	3422	3077	2566	2200	1944
8 / 220 / 64	24,0	196,8	6	4723	3778	3148	2698	2361	2099	1889	1574	1349	1180
			8	6281	5024	4186	3588	3140	2791	2512	2093	1794	1570
			10	7840	6271	5225	4478	3920	3484	3135	2612	2239	1960

Figs. 1706 a 1721.

Perfil (alma / ala / altura)	Peso Kg/m	$I:n$ cm³	k Kg/mm²	2,0 m	2,5 m	3,0 m	3,5 m	4,0 m	4,5 m	5,0 m	6,0 m	7,0 m	8,0 m
				Carga total P en Kg, uniformemente repartida, para luz de:									
12 / 220 / 68	31,0	229	6	5498	4398	3665	3141	2749	2443	2199	1832	1570	1374
			8	7312	5849	4874	4177	3566	3249	2924	2437	2088	1783
			10	9126	7300	6083	5214	4663	4055	3600	3041	2607	2281
10 / 240 / 66	28,5	242	6	5800	4640	3866	3314	2900	2577	2320	1933	1657	1450
			8	7714	6171	5141	4407	3857	3427	3080	2570	2203	1928
			10	9628	7702	6417	5501	4824	4277	3851	3208	2750	2412
16 / 240 / 72	39,0	299	6	7182	5746	4788	4104	3591	3192	2873	2394	2052	1795
			8	9552	7642	6368	5458	4776	4245	3821	3184	2729	2388
			10	11922	9538	7948	6812	5961	5208	4764	3974	3406	2980
10 / 260 / 68	32,0	302	6	7244	5795	4829	4139	3622	3219	2897	2414	2069	1811
			8	9634	7707	6422	5504	4817	4281	3853	3211	2752	2408
			10	12025	9619	8016	6870	6012	5343	4809	4008	3435	3006
16 / 260 / 74	44,0	369	6	8867	7092	5015	5066	4433	3940	3546	2955	2533	2216
			8	11763	9432	7866	6737	5896	5240	4716	3933	3368	2948
			10	14719	11772	9818	8409	7359	6540	5886	4929	4204	3679
3,5 / 80 / 55	7,5	28,1	6	673	538	448	384	336	299	269	224	192	168
			8	877	718	598	512	448	398	359	299	256	224
			10	1122	897	748	641	561	498	449	374	320	280
6 / 80 / 57	10,0	30,3	6	725	580	483	414	362	322	290	241	207	181
			8	964	771	612	687	482	428	385	321	243	141
			10	1203	962	801	550	601	534	481	400	275	300
4 / 100 / 60	10,0	45,6	6	1094	875	729	625	547	486	437	364	312	272
			8	1458	1166	972	833	729	648	583	486	416	364
			10	1822	1458	1215	1042	911	810	729	607	521	455
8 / 100 / 64	13,1	52,2	6	1283	1001	836	717	627	557	502	418	357	313
			8	1670	1330	1114	956	836	743	668	557	478	418
			10	2088	1671	1393	1194	1044	928	835	699	597	522
5 / 120 / 70	14,0	74,3	6	1782	1425	1188	1017	891	793	714	595	508	445
			8	2377	1902	1583	1357	1187	1055	951	791	678	593
			10	2971	2375	1977	1697	1485	1319	1190	988	848	742
9 / 120 / 74	17,7	84	6	2015	1615	1345	1151	1008	896	806	673	575	504
			8	2688	2148	1791	1535	1344	1199	1076	895	767	672
			10	3360	2688	2237	1918	1680	1492	1344	1118	959	840
6 / 140 / 80	18,0	111	6	2675	2138	1782	1528	1337	1188	1066	891	764	668
			8	3566	2852	2376	2038	1783	1584	1426	1188	1019	891
			10	4458	3566	2972	2546	2229	1980	1783	1486	1273	1114
10 / 140 / 84	22,3	125	6	2989	2390	1991	1710	1494	1327	1196	997	855	747
			8	3986	3180	2654	2278	1992	1770	1595	1327	1139	996
			10	4981	3980	3220	2846	2491	2215	1994	1660	1423	1245
7 / 160 / 80	22,0	133	6	3182	2546	2123	1819	1591	1414	1273	1061	909	795
			8	4432	3386	2823	2349	2116	1880	1693	1411	1209	1058
			10	5282	4226	3524	3019	2641	2347	2113	1762	1509	1320
11 / 160 / 84	27,0	150	6	3592	2874	2395	2053	1796	1596	1437	1197	1026	898
			8	4777	3822	3185	2730	2388	2122	1911	1592	1365	1194
			10	5962	4770	3975	3407	2981	2649	2385	1987	1703	1494
7 / 175 / 80	19,5	142	6	3404	2733	2269	1944	1702	1513	1361	1134	972	851
			8	4527	3634	3017	2585	2263	2012	1817	1508	1292	1131
			10	5650	4536	3766	3227	2825	2511	2268	1883	1613	1412

Figs. 1722 a 1737.	Peso Kg/m	$I:n$ cm³	k Kg/mm²	Carga total P en Kg, uniformemente repartida, para luz de: 2,0 m	2,5 m	3,0 m	3,5 m	4,0 m	4,5 m	5,0 m	6,0 m	7,0 m	8,0 m
175 / 84 / 11	25,0	162	6	3894	3111	2596	2224	1947	1730	1555	1298	1112	973
			8	5179	4137	3452	2957	2589	2300	2068	1726	1478	1294
			10	6464	5164	4309	3691	3232	2871	2582	2154	1845	1616
180 / 100 / 7	27,1	218	6	5229	4180	3446	2988	2619	2324	2090	1743	1494	1309
			8	6972	5576	4648	3984	3486	3093	2788	2324	1992	1743
			10	8715	6972	5810	4980	4357	3873	3486	2905	2490	2178
180 / 105 / 12	33,9	245	6	5871	4702	3914	3360	2935	2611	2351	1857	1680	1467
			8	7832	6245	5222	4475	3916	3478	3122	2611	2237	1958
			10	9795	7837	6532	5595	4897	4350	3918	3286	2797	2448
200 / 90 / 7	26,0	223	6	5349	4279	3326	3056	2674	2377	2139	1785	1528	1337
			8	7114	5691	4423	4061	3557	3161	2845	2211	2032	1778
			10	8879	7103	5521	5072	4439	3945	3551	2760	2536	2219
200 / 94 / 11	34,0	250	6	5988	4790	3991	3421	2994	2661	2395	1995	1710	1497
			8	7964	6370	5308	4549	3982	3539	3185	2654	2274	1919
			10	9940	7951	6635	5678	4970	4417	3975	3317	2839	2485
200 / 100 / 8	29,0	242	6	5796	4636	3864	3312	2898	2576	2318	1932	1656	1449
			8	7708	6165	5139	4404	3854	3426	3082	2569	2202	1927
			10	9621	7695	6414	5497	4810	4277	3847	3207	2748	2405
200 / 103 / 13	37,0	275	6	6596	5272	4397	3768	3298	2930	2636	2198	1884	1649
			8	8772	7011	5848	5011	4386	3896	3505	2924	2505	2193
			10	10949	8751	7299	6254	5474	4863	4375	3649	3227	2737
200 / 140 / 15	55,0	422	6	10113	8090	6743	5779	5056	4494	4045	3371	2889	2528
			8	13450	10759	8986	7686	6750	5977	5379	4483	3843	3375
			10	16787	13429	11193	9593	8393	7460	6714	5595	4796	4196
200 / 145 / 20	63,0	455	6	10917	8734	7278	6239	5458	4852	4367	3639	3119	2729
			8	14519	11616	9679	8207	7258	6453	5808	4839	4148	3629
			10	18122	14498	12081	10356	9061	8054	7249	6040	5178	4530
220 / 100 / 10	33,0	291	6	6978	5582	4652	3988	3489	3101	2791	2326	1994	1744
			8	9305	7443	6203	5317	4652	4135	3721	3101	2658	2326
			10	11631	9304	7754	6646	5815	5169	4652	3877	3323	2907
220 / 103 / 13	38,0	315	6	7559	6047	5039	4319	3779	3359	3023	2519	2159	1884
			8	10079	8062	6718	5758	5038	4479	4031	3359	2879	2519
			10	12599	10078	8398	7198	6299	5599	5039	4199	3599	3149
235 / 95 / 10	35,0	324	6	7776	6220	5184	4443	3888	3456	3110	2592	2221	1944
			8	10368	8294	6912	5924	5184	4608	4147	3456	2962	2592
			10	12961	10368	8641	7406	6480	5760	5184	4320	3703	3240
235 / 100 / 15	41,0	370	6	7981	6624	5520	4731	3990	3680	3312	2760	2365	1995
			8	10641	8832	7360	6308	5320	4907	4416	3680	3154	2660
			10	13302	11040	9201	7886	6601	6134	5520	4600	3943	3300
250 / 100 / 10	36,5	358	6	8596	6877	5731	4911	4298	3780	3438	2865	2455	2149
			8	11462	9169	7641	6548	5731	5040	4584	3828	3274	2865
			10	14328	11462	9552	8186	7164	6301	5731	4776	4093	3582
250 / 107 / 17	49,9	424	6	10186	8125	6791	5821	5093	4527	4062	3395	2910	2546
			8	13582	10833	9055	7761	6791	6036	5416	4527	3880	3395
			10	15978	13542	11319	9702	8489	7546	6771	5659	4851	4244
250 / 110 / 8	37,0	385	6	9081	7201	6000	5142	4501	4000	3600	3000	2571	2250
			8	12001	9601	8000	6856	6001	5334	4901	4000	3428	3000
			10	15002	12002	10001	8570	7501	6668	6001	5000	4285	3751

Figs. 1738 a 1753.	Peso Kg/m	$I:n$ cm³	k Kg/mm²	Carga total P en Kg, uniformemente repartida, para luz de: 2,0 m	2,5 m	3,0 m	3,5 m	4,0 m	4,5 m	5,0 m	6,0 m	7,0 m	8,0 m
14; 250; 116	48,4	454	6	10859	8685	7238	6204	5428	4825	4342	3619	3202	2714
			8	14476	11580	9651	8272	7238	6434	5790	4825	4130	3619
			10	18096	14476	12064	10340	9048	8043	7238	6032	5170	4534
10; 250; 115	39,5	378	6	9060	7248	6040	5176	4530	4026	3624	3020	2588	2265
			8	12080	9664	8053	6902	6040	5368	4832	4026	3451	3029
			10	18101	12080	10067	8628	7551	6711	6040	5033	4314	3775
9; 250; 120	39,0	387	6	9299	7412	6199	5313	4649	4146	3706	3099	2656	2324
			8	12399	9883	8265	7084	6199	5528	4941	4132	3542	3099
			10	15499	12354	10332	8856	7749	6910	6177	5166	4428	3874
10; 260; 100	40,0	378	6	9070	7256	6046	5466	4535	4029	3628	3023	2593	2167
			8	12093	9675	8062	7288	6016	5372	4837	4032	3464	3023
			10	15117	12094	10078	9110	7558	6716	6047	5039	4325	3779
15; 260; 105	50,0	434	6	10422	8337	6948	5908	5211	4632	4168	3473	2969	2604
			8	13896	11116	9264	7918	6948	6172	5558	4632	3959	3472
			10	17370	13896	11580	9898	8685	7720	6948	5790	4949	4340
9; 260; 120	43,4	486	6	11670	9336	7780	6668	5835	5186	4668	3890	3334	2917
			8	15560	12448	10373	8891	7780	6915	6224	5186	4445	3890
			10	19450	15560	12967	11114	9725	8644	7780	6483	5557	4862
14; 260; 125	55,5	543	6	13022	10417	8681	7441	6511	5787	5208	4340	3720	3255
			8	17363	13889	11575	9291	8681	7716	6944	5747	4960	4340
			10	21704	17362	14469	12402	10852	9646	8681	7234	6201	5426
10; 280; 100	42,0	480	6	11510	9207	7673	6577	5755	5120	4603	3836	3238	2877
			8	15347	12276	10231	8769	7673	6827	6138	5115	4384	3836
			10	19184	15346	12789	10962	9592	8534	7673	6394	5481	4796
15; 280; 105	53,0	545	6	13078	10462	8719	7473	6539	5818	5231	4359	3736	3269
			8	17438	13950	11625	9964	8719	7758	6975	5812	4982	4359
			10	21798	17438	14532	12456	10899	9698	8719	7266	6228	5449
11; 300; 120	55,0	608	6	14593	11674	9729	8338	7296	6486	5837	4864	4164	3648
			8	19458	15566	12972	11118	8729	8648	7783	6386	5559	4364
			10	24323	19458	16215	13898	12161	10811	9729	8107	6949	6080
18; 300; 127	71,0	713	6	17113	13690	11489	9778	8556	7604	6845	5704	4889	4278
			8	22818	18254	15212	13138	11409	10139	9127	7606	6569	5704
			10	28523	22818	19015	16298	14261	12674	11409	9507	8149	7131
10; 300; 130	50,2	652	6	15631	12505	10420	8931	7815	6947	6252	5210	4465	3907
			8	20841	16673	13894	11908	10420	9263	8336	6947	5954	5210
			10	26052	20842	17368	14886	13026	11579	10421	8684	7443	6513
15; 300; 135	62,9	727	6	17455	13964	11631	9574	8727	7491	6982	5815	4987	4373
			8	23273	18619	15508	13299	11636	9988	9309	7754	6649	5818
			10	29092	23274	19385	16624	14546	12485	11637	9692	8312	7273
12; 350; 140	70,0	978	6	23514	18811	15675	13418	11757	10450	9405	7837	6709	5878
			8	31352	25081	20900	17891	15676	13934	12540	10450	8945	7838
			10	39190	31352	26126	22354	19595	17418	15676	13063	11182	9797
17; 350; 145	84,5	1091	6	26192	20953	17461	14966	13096	11641	10476	8730	7483	6548
			8	34923	27937	23281	19955	17461	15521	13968	11640	9977	8730
			10	43654	34922	29102	24944	21827	19402	17461	14551	12472	10913
14; 400; 140	82,0	1243	6	29827	23814	19885	17044	14913	13257	11907	9942	8522	7456
			8	39770	31752	26513	22726	19885	17676	15876	13256	11363	9742
			10	49713	39690	33142	28408	24856	22095	19845	16571	14204	12428

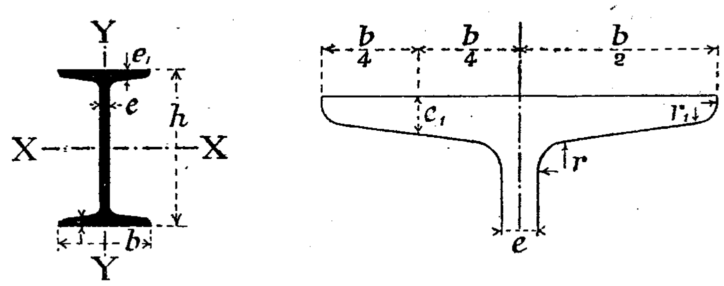


Fig. 1754. Fig. 1755.

VIGUETAS I DE ACERO DE «ALTOS HORNOS DE VIZCAYA»

	Núm. del perfil	DIMENSIONES h mm	b mm	e mm	e_1 mm	r mm	r_1 mm	Sección cm²	Peso (dens. 7,85) Kg/m	Momentos según el eje XX: Inercia cm⁴	Momentos según el eje XX: Resistente cm³	Momentos según el eje YY: Inercia cm⁴	Momentos según el eje YY: Resistente cm³
ALA ESTRECHA	1	100	44	6	8,75	6	4	12,8	10	188	37,6	12,6	5,7
	2	120	45	7	9,25	6,25	4	15,4	12	317	52,8	14,3	6,4
	4	140	45	7	9,75	6,50	4,5	17,9	14	475	67,8	15,2	6,7
	6	160	49	7	10,00	7	4,5	20,5	16	722	90,2	20,5	8,4
	8	180	55	7	10,25	7,50	5	23,0	18	1050	116,6	28,9	10,5
	9	200	62	7	10,60	8	5	25,6	20	1505	150,5	42,2	13,6
ALA ANCHA	$^1/_8$	80	42	3,9	5,9	3,9	2,3	7,6	6,0	78	19,5	6,3	3,0
	10	100	50	4,5	6,8	4,5	2,7	10,6	8,3	171	34,2	12,2	4,9
	12	120	58	5,1	7,7	5,1	3,1	14,2	11,2	328	54,7	21,5	7,4
	14	140	66	5,7	8,6	5,7	3,4	18,3	14,4	573	81,9	35,2	10,7
	16	160	74	6,3	9,5	6,3	3,8	22,8	17,9	935	117	54,7	14,8
	17*	175	80	10,0	12,0	12,0	5,0	36,0	28,4	1541	176	158,0	39,5
	18	180	82	6,9	10,4	6,9	4,1	27,9	21,9	1446	161	81,3	19,8
	20	200	90	7,5	11,3	7,5	4,5	33,5	26,3	2142	214	117	26,0
	22	220	98	8,1	12,2	8,1	4,9	39,6	31,1	3060	278	162	33,1
	24	240	106	8,7	13,1	8,7	5,2	46,1	36,2	4246	354	221	41,7
	25*	250	110	10,0	11,7	9,0	5,4	49,5	38,8	4679	374	245	44,5
	26	260	113	9,4	14,1	9,4	5,6	53,4	41,9	5744	442	288	51,0
	28	280	119	10,1	15,2	10,1	6,1	61,1	48,0	7587	542	364	61,2
	30	300	125	10,8	16,2	10,8	6,5	69,1	54,2	9800	653	451	72,2
	32	320	131	11,5	17,3	11,5	6,9	77,8	61,1	12510	782	555	84,7

Núm. del perfil	Cargas uniformemente repartidas P soportadas por las viguetas, apoyadas en los extremos, haciendo trabajar el material a 1000 Kg/cm² para una luz de: 1,0 m	1,5 m	2,0 m	2,5 m	3,0 m	3,5 m	4,0 m	4,5 m	5,0 m	6,0 m	7,0 m	8,0 m
1	3016	2010	1508	1206	1005	861	754	670	603	502	430	377
2	4224	2816	2112	1689	1408	1206	1056	938	844	704	603	528
4	5424	3616	2712	2169	1808	1549	1356	1205	1084	904	774	678
6	7216	4810	3608	2886	2405	2061	1804	1603	1443	1202	1030	902
8	9328	6218	4664	3731	3109	2665	2332	2072	1865	1554	1332	1166
9	12040	8026	6020	4816	4013	3440	3010	2675	2408	2006	1720	1505
$^1/_8$	1560	1040	780	624	520	445	390	346	312	260	222	195
10	2736	1824	1368	1094	912	781	684	608	547	456	390	342
12	4376	2917	2188	1750	1458	1250	1094	972	875	729	625	547
14	6552	4368	3276	2620	2184	1872	1638	1456	1310	1092	936	819
16	9360	6240	4680	3744	3120	2674	2340	2080	1872	1560	1337	1170
18	12880	8586	6440	5152	4293	3680	3220	2862	2576	2146	1840	1610
20	17120	11413	8560	6848	5706	4891	4280	3804	3424	2853	2445	2140
22	22240	14826	11120	8896	7413	6354	5560	4942	4448	3706	3177	2780
24	28320	18880	14160	11328	9440	8091	7080	6293	5664	4720	4045	3540
26	35360	23573	17680	14144	11786	10102	8840	7857	7072	5893	5051	4420
28	43360	28906	21680	17347	14453	12388	10840	9635	8672	7226	6194	5420
30	52240	34826	26120	20896	17413	14924	13060	11608	10448	8706	7462	6530
32	62560	41706	31280	25024	20853	17874	15640	13902	12512	10426	8937	7820

OBSERVACIONES. — Para obtener las cargas haciendo trabajar el metal a 900 u 800 Kg por cm² basta tomar, respectivamente, los $^9/_{10}$ u $^8/_{10}$ de las cargas de tabla. — La línea quebrada indica el límite de carga, para que la flecha no pase de $^1/_{500}$ de la luz.

TABLA PARA CALCULAR EL MOMENTO RESISTENTE DE LAS JÁCENAS COMPUESTAS, DE ALMA LLENA

Dimensiones de las cantoneras	Peso de 4 cantoneras por metro	Momento resistente $\frac{I}{n}$ en cm³ de 4 cantoneras si el alma tiene una altura, en milímetros, de:											
mm	Kg/m	160	180	200	220	250	280	300	350	400	450	500	550
30×30×4	7,2	57	66	75	83	97	110	119	—	—	—	—	—
30×30×5	8,8	69	82	91	102	118	134	146	—	—	—	—	—
35×35×4,5	9,9	73	84	96	107	125	142	154	183	—	—	—	—
35×35×5,5	12,0	87	101	114	128	149	170	184	219	—	—	—	—
40×40×5	12,3	90	104	119	133	155	177	192	229	266	—	—	—
40×40×6	14,0	105	122	139	156	183	209	227	270	314	358	—	—
45×45×5	13,2	99	115	131	148	173	198	214	256	300	340	383	—
45×45×6	15,6	116	135	155	174	205	233	253	303	352	403	453	503
45×45×7	18,0	132	154	166	199	233	267	289	347	405	462	520	578
50×50×5	15,0	108	126	144	162	189	217	236	282	333	377	424	471
50×50×6	17,6	127	148	169	191	224	256	279	314	390	444	500	557
50×50×7	20,2	144	169	190	219	256	294	326	382	450	511	576	640
55×55×5	16,4	116	136	155	175	206	236	257	308	360	412	466	516
55×55×6	19,6	137	160	183	207	243	285	304	365	426	488	546	611
55×55×7	22,8	156	186	201	237	279	321	349	419	490	561	633	704
60×60×6	21,3	146	171	200	222	264	301	327	394	460	529	596	665
60×60×7	24,8	167	196	220	255	294	346	377	454	530	609	688	768
60×60×8	28,0	187	220	250	287	336	390	391	512	600	689	777	866
60×60×9	31,2	206	243	280	317	376	465	471	569	666	765	864	963
Valor $\frac{I}{n}$ de un alma de 10 mm de espesor: cm³		42	54	70	80	104	130	147	206	263	338	416	504
Peso de un alma de 10 mm: Kg/m		12,5	14,0	15,6	17,2	19,6	21,8	23,3	27,2	31,1	35,0	38,1	42,8

Si se trata de una viga de celosía puede emplearse el valor de $\frac{I}{n}$ correspondiente a cuatro cantoneras. Las almas están calculadas con 10 mm de espesor, pero se puede deducir fácilmente el valor de $\frac{I}{n}$ para las almas desde un milímetro hasta un espesor cualquiera. Ejemplo: si queremos buscar el valor para un alma de 220 × 12 mm, se tendrá $\frac{80}{10} \times 12 = 96$ cm³ valor que, sumado al de los angulares, dará el momento resistente de una viga compuesta de un alma y cuatro cantoneras.

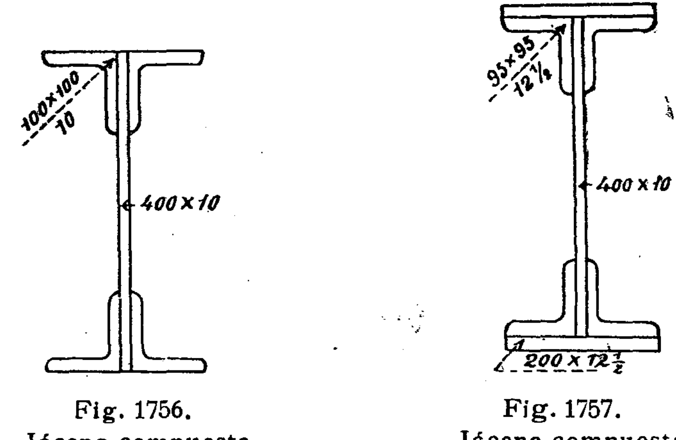


Fig. 1756. Jácena compuesta sin tablas.

Fig. 1757. Jácena compuesta con tablas.

El momento de inercia de una jácena compuesta (por ejemplo, la dibujada en la figura 1756) se calcula por la fórmula que encabeza la página 709.

Peso y momento resistente $I:n$ de jácenas compuestas de alma (simple o doble), cuatro cantoneras y dos tablas

Dimensiones del alma	Dimensiones de las cantoneras	Jácenas de alma simple			Jácenas de alma doble		
		Dimensiones de las tablas	Peso	$\frac{I}{n}$	Dimensiones de las tablas	Peso	$\frac{I}{n}$
mm	mm	mm	Kg/m	cm³	mm	Kg/m	cm³
200×6	50×50×6	125×6	47	350	—	—	—
		125×10	55	440	—	—	—
		200×10	67	590	200×10	78	627
250×6	50×50×6	200×10	74	807	250×6	79	755
		225×10	78	870	250×10	95	992
300×6	50×50×6	200×10	72	943	200×10	87	1025
300×6	60×60×6	200×10	76	987	250×6	84	929
300×10	70×70×8	200×10	96	1193	300×10	139	1631
		250×10	104	1343	350×10	147	1781
350×6	50×50×6	200×10	74	1129	200×10	92	1243
350×10	70×70×8	200×10	104	1541	300×10	147	2000
350×10	80×80×8	275×10	119	1782	450×10	165	2592
400×10	80×80×8	250×10	118	1990	350×10	168	2642
400×10	90×90×10	250×10	131	2257	450×10	198	3309
		300×10	139	2457	550×15	257	4774
450×6	70×70×8	250×10	102	2085	300×10	134	2506
450×10	80×80×8	250×10	123	2306	350×10	175	3080
	90×90×10	300×10	144	2842	400×10	197	3517
500×8	70×70×8	250×10	112	2434	300×10	155	3002
500×10	80×80×8	300×10	135	2876	350×10	183	3526
	90×90×10	300×10	148	3230	400×10	205	4130
550×8	80×80×8	250×10	122	2861	350×10	174	3801
		275×10	126	2998	400×15	213	5137
		300×10	130	3136	450×20	259	6767
550×10	90×90×10	300×10	152	3635	400×10	213	4673
	100×100×10	350×10	166	4057	450×10	227	5096
600×8	80×80×8	300×10	126	3477	350×10	180	4241
600×10	90×90×10	325×10	160	4191	400×15	253	6384
	100×100×10	300×10	162	4209	450×20	305	8296
650×8	80×80×8	300×10	136	3832	350×10	186	4704
650×10	90×90×10	325×10	164	4625	400×10	229	5811
	100×100×10	350×10	174	4973	450×10	243	6307
700×10	90×90×10	300×10	164	4888	400×10	237	6383
	100×100×10	350×10	178	5444	450×10	251	6938
	100×100×15	375×15	238	7850	500×15	298	8983
750×10	90×90×10	300×10	168	5324	400×10	244	6987
	100×100×10	350×15	209	7196	450×15	293	9067
	100×100×15	375×15	242	8526	500×20	371	12645
800×10	100×100×10	350×15	213	7771	450×10	266	8256
	100×100×15	375×20	275	10650	500×15	340	11734
850×10	100×100×10	300×10	182	6487	450×10	274	8940
	100×100×15	375×20	279	11435	500×15	348	12652
	100×100×15	375×30	337	14521	500×25	426	16771
900×10	100×100×10	300×10	186	6967	450×10	282	9636
	100×100×15	350×15	248	10255	500×20	395	15761
	100×100×15	375×30	341	15497	600×30	521	22845
950×10	100×100×10	350×15	225	9546	450×15	324	12428
	100×100×15	375×30	345	16476	500×25	441	19142
1000×10	100×100×10	300×10	194	7956	450×10	297	11090
	100×100×15	350×20	283	13326	500×20	410	17928
	100×100×15	375×30	349	17471	600×30	536	25801

$$I = \frac{21 \times 40^3 - 2 \times 9 \times 38^3 - 2 \times 1{,}0 \times 20^3}{12} = 28358 \text{ cm}^4$$

y por lo tanto

$$\frac{I}{n} = \frac{28358}{20} = 1\,418 \text{ cm}^3.$$

CARGAS P UNIFORMEMENTE REPARTIDAS QUE PUEDEN SOPORTAR DIFERENTES JÁCENAS COMPUESTAS, DE ALMA LLENA, TRABAJANDO EL MATERIAL A 600 KG/CM² Y SIMPLEMENTE APOYADAS.

Figs. 1758 a 1764.	Altura de la jácena mm	Peso de la jácena Kg/m	Carga total P en Kg, uniformemente repartida, admisible para luces de: 9 m	10 m	11 m	12 m
6; 60×60; 10; 126	250	46	2420	2200	1980	1760
	300	48	3190	2900	2610	2320
	350	51	3850	3500	3150	2800
10; 60×60; 10; 130	250	54	2750	2500	2250	2000
	300	60	3564	3240	2916	2592
	350	63	4334	3940	3546	3152
6; 70×70; 10; 146	300	55	3652	3320	2988	2656
	350	57	4488	4080	3672	3264
	400	60	5302	4820	4338	3858
10; 70×70; 10; 150	300	64	3982	3620	3258	2896
	350	68	4895	4450	4005	3560
	400	72	5830	5300	4770	4240
6; 80×80; 10; 166	300	62	3982	3620	3258	2896
	350	64	4895	4450	4005	3560
	400	66	5830	5300	4770	4240
10; 80×80; 10; 170	300	72	4400	4000	3600	3200
	350	75	5412	4920	4428	3936
	400	79	6490	5900	5310	4720
10; 70×70; 10; 150; 10	350	90	5940	5400	4860	4320
	400	94	7128	6480	5832	5184
	450	98	8360	7600	6840	6080

Figs. 1765 a 1771.	Altura de la jácena mm	Peso de la jácena Kg/m	Carga total P en Kg, uniformemente repartida, admisible para luces de: 9 m	10 m	11 m	12 m
	350	98	6908	6280	5652	5024
	400	102	8360	7600	6840	6080
	450	106	8888	8080	7272	6464
	400	116	8580	7800	7020	6240
	450	121	10120	9200	8280	7360
	500	124	11550	10500	9450	8400
	400	115	9790	8900	8010	7120
	450	120	11308	10280	9252	8224
	500	124	13024	11840	10656	9472
	450	139	12100	11000	9900	8800
	500	144	13882	12620	11358	10096
	550	150	15730	14300	12870	11440
	450	151	13508	12280	11052	9824
	500	159	15444	14040	12636	11232
	550	168	17600	16000	14400	12800
	550	174	19800	18000	16200	14400
	600	178	22000	20000	18000	16000
	650	181	24288	22080	19872	17664
	550	184	21384	19440	17496	15552
	600	188	23815	21650	19485	17320
	700	196	29216	25560	23904	21248

Si la jácena tiene tablas (fig. 1757) se calculará primero el momento de inercia I' de la jácena sin tablas:

$$I' = \frac{20 \times 40^3 - 2 \times 8{,}25 \times 37{,}5^3 - 2 \times 1{,}25 \times 21^3}{12} = 32228 \text{ cm}^4;$$

el momento de inercia I'' de cada una de las tablas es igual al área

de su sección por el cuadrado de la distancia desde su centro a la fibra neutra:

$$I'' = 20 \times 1{,}25 \times (20 + 0{,}625)^2 = 10635 \text{ cm}^4;$$

por lo tanto, el momento de inercia de toda la jácena valdrá:

$$I = I' + 2\,I'' = 32228 + 2 \times 10635 = 53498 \text{ cm}^4$$

y, en su virtud,

$$\frac{I}{n} = \frac{53498}{21{,}25} = 2518 \text{ cm}^3.$$

Cuando la jácena es de celosía se calcula el valor del momento de inercia de las cuatro cantoneras, prescindiendo de la celosía como si ésta no existiese.

Por ejemplo, para la jácena de la figura 1772, interpolando en la tabla de la página 707 entre los valores correspondientes para almas de 250 y de 220 mm, se obtendría $\frac{I}{n} = 133 + (155 - 133) \times \frac{20}{30} = 133 + 14{,}68 = 147{,}7 \text{ cm}^3$. El valor efectivo, calculado directamente, sería:

Fig. 1772.—Jácena de celosía.

$$I = \frac{8 \times 24^3 - 2 \times 3{,}5 \times 23^3 - 2 \times 0{,}5 \times 16^3}{12} = 1777 \text{ cm}^4$$

y, por lo tanto, el momento resistente valdrá:

$$\frac{I}{n} = \frac{1777}{12} = 148{,}11 \text{ cm}^4;$$

como se ve, la diferencia entre este valor teórico y el obtenido, por interpolación en la tabla de la página 707 es insignificante, de modo que puede utilizarse aquélla con gran economía de tiempo.

Para el cálculo de la celosía, suponiendo sus barras inclinadas a 45°, la fórmula es: $F = \frac{P\sqrt{2}}{2}$, siendo P la carga total, uniformemente repartida, que gravita sobre la jácena y F el esfuerzo a que están sometidas las diagonales de la celosía.

Supongamos viguetas de 4,50 m de luz colocadas con una separación de 1,70 m, y con una carga total de 120 Kg por metro cuadrado de suelo; la carga P será:

$$P = 1{,}70 \times 4{,}50 \times 120 = 918 \text{ Kg}.$$

Habrá que tomar una vigueta capaz de resistir un momento de flexión

$$^1/_8\, PL = \frac{918 \times 4{,}50}{8} = 516 \text{ Kg-m} = 51600 \text{ Kg-cm}$$

y, suponiendo que el metal trabaje a 800 Kg/cm², ello se conseguirá dándole un valor

$$\frac{I}{n} = \frac{51\,600}{800} = 64{,}5 \text{ cm}^3.$$

La tabla de la página 707 indica que una jácena de celosía, con cuatro cantoneras de 30 × 30 × 4 mm y 180 mm de altura, cumple dicha condición ampliamente, pues tiene un momento resistente de 66 cm³. El esfuerzo que sufre la celosía vale:

$$F = \frac{P\sqrt{2}}{2} = \frac{918 \times 1{,}414}{2} = 649 \text{ Kg}$$

y, si se hace trabajar el hierro a 800 Kg/cm², se obtendrá una sección de

$$\frac{649}{800} = 0{,}811 \text{ cm}^2 = 81{,}1 \text{ mm}^2;$$

para obtener dicha sección basta una barra de 25 × 3,5 mm.

Todas las herrerías y talleres de construcción importantes tienen su catálogo de jácenas o vigas compuestas de modo que siempre resulta más económico y rápido adoptar estas jácenas de catálogo que calcularlas ex profeso, pues, como es natural, los talleres prefieren la construcción de aquéllas, para las cuales suelen tener ya los hierros en almacén. Generalmente los catálogos dan ya los momentos resistentes; sin embargo, cuando no es así—como en las tablas de las páginas 709 y 710—nada más fácil que deducirlos de los demás datos de la tabla. Por ejemplo, si la jácena de la figura 1758, con alma de 250 milímetros de altura y luz de 9,00 m, soporta una carga total, uniformemente repartida, $P = 2420$ Kg (suponiendo un coeficiente de trabajo $k = 600$ Kg/cm²) ello quiere decir que resiste un momento flexor:

$$^1/_8\, PL = {}^1/_8 \times 2420 \times 9{,}00 = 2723 \text{ Kg-m} = 272300 \text{ Kg-cm}$$

y, como que la ecuación fundamental de la flexión es

$$^1/_8\, PL = k\frac{I}{n}$$

se deducirá de ella:

$$\frac{I}{n} = \frac{^1/_8\, PL}{k} = \frac{272300}{600} = 454 \text{ cm}^3.$$

Conociendo este valor podrá calcularse la carga P que corresponde para otra luz cualquiera, no indicada en la tabla, para un coeficiente k distinto, para una viga empotrada en un extremo y libre en el otro (pág. 675), etc.

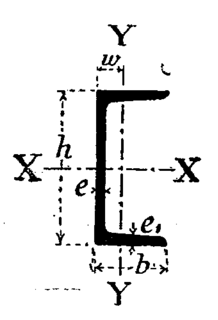


Fig. 1773.

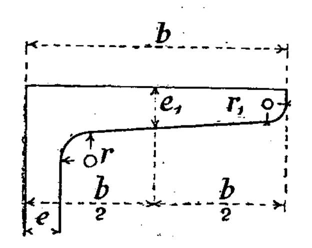


Fig. 1774.

Hierros ⊏ de «Altos Hornos de Vizcaya»

Núm. del perfil	Dimensiones						Distancia w al c. d. g.	Sección	Peso (dens. = 7,85)	Momentos según el eje XX		Momentos según el eje YY		(adosados) Momentos según yy	
	h	b	e	e_1	r	r_1				Inercia	Resistente	Inercia	Resistente	Inercia	Resistente
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm²	Kg/m	cm⁴	cm³	cm⁴	cm³	cm⁴	cm³
5	50	25	6	6	5	2,5	8,0	5,1	4,0	20,0	8,0	3,0	1,8	13	5,0
8*	80	40	5	5,5	7	4	11,4	8,0	6,3	75,5	18,8	8,2	2,9	37	9,3
8	80	45	6	8	8	4	14,5	11,0	8,6	106	26,5	19,4	6,4	86	19,2
10	100	50	6	8,5	8,5	4,5	15,5	13,5	10,6	206	41,2	29,3	8,5	123	24,7
10 1/2	105	68	7	7	9	4	20,5	15,9	12,5	269	51,4	62,3	13,1	258	37,9
12	120	55	7	9	9	4,5	16,0	17,0	13,4	364	60,7	43,2	11,1	175	31,7
12*	120	65	12	12	7	4	20,3	26,8	21,0	529	88,2	86,4	19,3	393	60,4
12 3/4	127	76	8,8	8,8	10	5	22,2	22,9	18,0	552	86,9	108	20,0	440	57,8
14	140	60	7	10	10	5	17,5	20,4	16,0	605	86,4	62,7	14,8	251	41,8
16	160	65	7,5	10,5	10,5	5,5	18,4	24,0	18,8	925	116	85,3	18,3	333	51,3
17 1/2	175	60	10	10	10,5	5,5	10,4	29,8	23,4	1370	156	78,6	15,8	221	36,8
18	180	70	8	11	11	5,5	19,2	28,0	22,0	1354	150	114	22,4	434	61,9
20	200	75	8,5	11,5	11,5	6	20,1	32,2	25,3	1911	191	148	27,0	556	74,2
22	220	80	9	12,5	12,5	6,5	21,4	37,4	29,4	2690	245	197	33,6	737	92,1
25	250	80	10	12,5	12,5	6,5	21,4	42,5	34,0	3772	302	238	40,6	865	108

Núm. del perfil	Cargas uniformemente repartidas P (peso propio y sobrecarga) soportadas por los hierros ⊏, apoyados en los extremos, trabajando el material a 1000 Kg/cm² para luces de:											
	1,0 m	1,5 m	2,0 m	2,5 m	3,0 m	3,5 m	4,0 m	4,5 m	5,0 m	6,0 m	7,0 m	8,0 m
8	2120	1413	1060	848	706	606	530	470	424	353	303	265
10	3296	2197	1648	1318	1098	940	824	732	659	549	470	412
12	4856	3237	2428	1942	1618	1387	1214	1078	971	809	694	602
14	6912	4608	3456	2764	2304	1984	1728	1536	1382	1152	987	864
16	9280	6186	4640	3712	3093	2651	2320	2062	1856	1546	1326	1160
18	12000	8000	6000	4800	4000	3428	3000	2666	2400	2000	1714	1500
20	15280	10186	7640	6112	5093	4366	3820	3394	3056	2546	2183	1910
22	19600	13066	9800	7840	6533	5600	4900	4354	3920	3266	2800	2450
25	24160	16106	12080	9664	8053	6900	6040	5368	4832	4026	3450	3020

Observaciones.—Para obtener las cargas haciendo trabajar el metal a 900 u 800 Kg/cm² basta tomar, respectivamente, los 9/10 u 8/10 de las cargas de la tabla.—La línea quebrada indica el límite de carga para que la flecha no pase de 1/600 de la luz.

RESISTENCIA DE LOS HIERROS CUADRADOS Y RECTANGULARES, SIMPLEMENTE APOYADOS TRABAJANDO EL METAL A 600 KG/CM²

Altura del hierro	POR CENTÍMETRO DE ANCHO			Sobrecarga total *P* en Kg uniformemente repartida que admiten estos hierros *por cada centímetro de ancho* para luces de:				
mm	Peso (densidad = 7,8) Kg/m	Área de la sección cm²	Valores de $\frac{I'}{n}$ cm³	1,00 m	2,00 m	3,00 m	4,00 m	5,00 m
14	1,092	1,40	0,326	14	5,8	—	—	—
16	1,248	1,60	0,426	19	7,7	—	—	—
18	1,404	1,80	0,540	24	10	—	—	—
20	1,560	2,00	0,667	30	14	—	—	—
23	1,794	2,30	0,891	45	20	—	—	—
25	1,950	2,50	1,042	48	21	—	—	—
27	2,106	2,70	1,215	55	24	—	—	—
29	2,262	2,90	1,402	65	29	—	—	—
32	2,496	3,20	1,706	79	36	—	—	—
34	2,652	3,40	1,926	90	41	23	—	—
36	2,808	3,60	2,160	100	46	26	—	—
40	3,120	4,00	2,666	125	52	34	—	—
44	3,432	4,40	3,226	159	74	44	—	—
47	3,666	4,70	3,681	173	81	48	—	—
50	3,900	5,00	4,166	196	92	55	—	—
54	4,212	5,40	4,860	229	108	65	41	—
61	4,758	6,10	6,201	245	115	68	43	—
68	5,304	6,80	7,706	367	175	108	71	—
81	6,318	8,10	10,935	509	245	153	103	—
108	8,424	10,80	19,442	925	449	285	200	144
140	10,920	14,00	32,667	1525	746	479	340	252
160	12,480	16,00	42,667	2003	983	634	452	340
180	14,040	18,00	54,000	2582	1269	822	592	442

En esta tabla se ha deducido de la carga que puede sostener el hierro su propio peso. En los hierros de un metro de luz, por ejemplo, se puede despreciar el peso propio del hierro, pero no así en luces de 4 ó 5 m. Por ejemplo, un hierro de 14×10 mm cuyo I'/n vale 0,326 podría soportar un momento de flexión $= 0{,}326 \times 600 = 195{,}6$ Kg-cm $= 1{,}96$ Kg-m equivalente, para una luz de 5,00 m, a una carga total $P = 1/5 \times 1{,}96 \times 8 = 3{,}13$ Kg; ahora bien, su peso propio $(1{,}092 \times 5 = 5{,}46$ kilogramos) ya es muy superior a aquella cifra. Con esta tabla se pueden obtener los valores de I/n y las resistencias de todos los hierros intermedios o también menores de 10 mm de espesor. Supongamos que queremos buscar la resistencia de un hierro cuadrado de 14×14 mm: tendremos que I'/n, para sección de 14×10 mm, vale 0,326 cm³; por lo tanto, para la de 14×1 mm valdrá $0{,}326 \times 0{,}1$ y para 14×14 mm se obtendrá $I/n = 0{,}326 \times 0{,}1 \times 14 = 0{,}456$ cm³.

Haciendo análogo cálculo para la carga se tendrá la cifra buscada.

TABLA PARA CALCULAR LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE LOS HIERROS REDONDOS, SIMPLEMENTE APOYADOS TRABAJANDO EL METAL A 600 Kg/cm^2

Diámetro	Peso por metro lineal (dens. = 7,7)	Área de la sección	$\frac{I}{n}$	Sobrecarga total P, uniformemente repartida, en Kg que admiten estos hierros para luces de:						
				0,50 m	1,00 m	2,00 m	3,00 m	4,00 m	5,00 m	6,00 m
mm	Kg/m	cm^2	cm^3							
5	0,151	0,20	0,012	1,1	0,4	—	—	—	—	—
6	0,217	0,28	0,021	1,9	0,8	—	—	—	—	—
7	0,296	0,38	0,033	3,0	1,3	0,2	—	—	—	—
8	0,387	0,50	0,050	4,6	2,0	0,4	—	—	—	—
9	0,489	0,64	0,071	6,6	2,9	0,7	—	—	—	—
10	0,604	0,79	0,098	9,1	4,1	1,1	—	—	—	—
11	0,731	0,95	0,130	12,1	5,5	1,7	—	—	—	—
12	0,870	1,13	0,169	16,0	7,4	2,4	0,2	—	—	—
13	1,022	1,33	0,215	20	9,3	3,1	0,4	—	—	—
14	1,185	1,54	0,269	25	11,7	4,0	0,7	—	—	—
15	1,360	1,77	0,331	31	14,5	5,2	1,2	—	—	—
16	1,548	2,01	0,402	37	17,0	6,5	1,8	—	—	—
18	1,959	2,54	0,572	56	26	10	3,5	—	—	—
20	2,418	3,14	0,785	74	35	14	5	—	—	—
21	2,666	3,46	0,909	86	40	16	6	0,3	—	—
23	3,199	4,15	1,194	112	54	22	9	1,5	—	—
25	3,780	4,91	1,534	147	70	29	13	3	—	—
27	4,408	5,73	1,932	183	88	37	17	5	—	—
29	5,086	6,61	2,394	227	110	47	22	8	—	—
32	6,192	8,04	3,217	303	147	64	33	14	—	—
34	6,995	9,08	3,859	367	178	78	41	18	2	—
36	7,837	10,18	4,580	436	212	94	49	23	4	—
38	8,732	11,34	5,387	513	250	112	59	20	7	—
41	10,165	13,20	6,766	643	314	142	78	41	15	—
43	11,181	14,52	7,806	743	363	165	92	49	20	—
45	12,246	15,90	8,946	858	420	192	108	60	26	—
47	13,359	17,35	10,193	953	467	214	121	68	31	2
50	15,118	19,64	12,272	1170	574	264	151	87	43	8
52	16,352	21,24	13,804	1316	646	300	173	100	52	14
54	17,634	22,90	15,459	1474	724	335	194	115	60	17
57	19,648	25,52	18,181	1730	850	396	231	138	74	25
59	21,051	27,34	20,163	1910	940	438	257	156	87	34
61	22,502	29,22	22,284	2124	1045	488	287	175	98	40
63	24,000	31,17	24,548	2340	1110	540	320	198	115	52
65	25,550	33,18	26,961	2580	1270	596	354	220	129	60
67	27,147	35,26	29,527	2825	1393	656	392	247	149	74
70	29,633	38,48	33,674	3217	1586	748	448	284	173	89
72	31,350	40,72	36,644	3500	1728	817	494	316	197	107
75	34,017	44,18	41,417	3950	1954	926	560	361	227	127
78	36,793	47,78	46,589	4450	2200	1044	634	411	262	150
81	39,678	51,53	52,174	4970	2456	1168	712	464	300	176
83	41,661	54,11	56,135	5355	2646	1260	770	504	327	196
88	46,832	60,82	66,903	6400	3164	1510	929	614	407	253
90	49,062	63,62	71,569	6850	3386	1620	1000	662	442	278
92	51,186	66,48	76,448	7320	3620	1730	1070	710	470	300
95	54,578	70,88	84,173	8000	3970	1900	1180	780	530	340
100	60,475	78,54	98,175	9380	4640	2230	1380	930	630	420

TABLA PARA CALCULAR LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE LOS HIERROS T TRABAJANDO EL METAL A 700 KG/CM² (véase fig. 1670)

DIMENSIONES Altura del alma mm	Ancho del ala mm	Espesor del alma y ala mm	Momento resistente $\frac{I}{n}$ cm³	Peso lineal Kg/m	Sobrecarga total P en Kg, uniformemente repartida, que admiten estos hierros simplemente apoyados para luz de: 0,5 m	1,0 m	2,0 m	3,0 m	4,0 m	5,0 m
15	15	3	0,16	0,60	18	9	—	—	—	—
20	17	3	0,29	0,85	32	16	7	—	—	—
25	20	4	0,58	1,20	64	31	14	—	—	—
30	25	5	1,01	1,60	112	55	25	14	—	—
35	30	5	1,44	2,10	161	79	36	21	12	—
40	35	6	2,66	3,35	296	146	68	40	24	13
50	46	7	4,22	5,00	470	231	108	64	39	22
60	55	8	7,00	6,60	781	386	183	111	72	45
75	125	13	20,00	19,00	2220	1100	522	317	204	129
85	75	9	19,50	13,00	2178	1079	520	325	220	150
90	170	13	26,00	24,50	2840	1432	679	412	265	161
100	150	13	31,00	23,15	3516	1740	836	528	349	237
17	20	4	0,28	1,10	31	15	6	—	—	—
17	23	4	0,30	1,20	33	16	6	—	—	—
17	26	5	0,35	1,40	38	18	7	—	—	—
26	24	5	0,78	1,70	87	42	18	10	—	—
30	30	5 ¹/₂	1,30	2,25	145	71	32	18	9	—
40	30	6	2,21	2,75	246	121	57	33	20	—
60	100	10	9,22	12,10	1026	504	234	136	80	43
65	55	10	9,80	9,30	1091	539	256	155	130	63
81	125	14	26,00	21,30	2895	1432	684	421	278	185
89	75	13	21,10	15,00	2355	1166	560	350	235	157
160	135	20	116,00	37,00	—	6459	3174	2058	1476	1115

TABLA PARA CALCULAR LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE LOS HIERROS ⌈ DE ALAS IGUALES, TRABAJANDO EL METAL A 700 KG/CM²

DIMENSIONES mm	Momento resistente $\frac{I}{n}$ cm³	Peso lineal Kg/m	Sobrecarga total P en Kg, uniformemente repartida, que admiten estos hierros para luz de 0,5 m	1,0 m	2,0 m	3,0 m	4,0 m	5,0 m
20 × 20 × 4	0,30	1,00	33	16	6	—	—	—
25 × 25 × 4	0,65	1,50	72	35	15	—	—	—
30 × 30 × 5	1,10	2,00	121	59	26	—	—	—
35 × 35 × 5	1,50	2,50	167	82	37	—	—	—
40 × 40 × 5	2,20	3,35	245	120	55	—	—	—
45 × 45 × 6	2,80	4,00	310	152	66	—	—	—
50 × 50 × 6	3,80	4,56	422	208	97	58	—	—
52 × 52 × 10	6,30	7,25	700	345	161	96	—	—
55 × 55 × 7 ¹/₂	5,30	5,80	590	291	137	82	—	—
60 × 60 × 7 ¹/₂	7,00	6,64	780	386	183	112	72	—
65 × 65 × 8 ¹/₂	8,20	7,80	916	452	214	130	84	—
67 × 67 × 7	7,00	6,25	780	386	183	112	73	—
70 × 70 × 8 ¹/₂	10,80	9,02	1204	595	284	174	115	76
75 × 75 × 10	13,70	11,00	1529	756	362	223	148	98
80 × 80 × 10	15,00	11,34	1674	828	397	246	165	112
85 × 85 × 10 ¹/₂	18,50	12,90	2065	1023	492	306	207	142
90 × 90 × 11	21,00	14,03	2345	1162	560	350	238	165
100 × 100 × 14	33,00	19,00	3686	1829	886	558	386	274

TABLA PARA CALCULAR LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE LOS HIERROS ┌ DE ALAS DESIGUALES, TRABAJANDO EL METAL A 700 KG/CM²

(el hierro se supone colocado con el ala mayor vertical, como indica la figura 1671)

DIMENSIONES	Momento resistente $\frac{I}{n}$	Peso lineal	Sobrecarga total *P* en Kg, uniformemente repartida, que admiten estos hierros, simplemente apoyados, para luz de:					
mm	cm³	Kg/m	0,5 m	1,0 m	2,0 m	3,0 m	4,0 m	5,0 m
20 × 13 × 3	0,25	0,68	27	13	—	—	—	—
25 × 15 × 3	0,41	0,84	45	22	9	—	—	—
20 × 14 × 4	0,34	0,88	37	18	7	—	—	—
25 × 16 × 5	0,65	1,37	72	35	15	—	—	—
30 × 16 × 3	0,61	0,98	68	33	15	—	—	—
30 × 18 × 5	0,90	1,64	99	50	21	11	—	—
30 × 16 × 4	0,61	1,00	68	33	15	—	—	—
35 × 18 × 4	1,20	1,53	173	85	39	23	—	—
35 × 20 × 6	1,53	2,24	173	84	39	23	—	—
40 × 18 × 5	1,60	2,02	179	88	41	24	—	—
40 × 20 × 7	2,20	2,83	243	120	56	33	—	—
50 × 45 × 6	4,60	5,50	512	252	118	70	46	—
54 × 40 × 6	4,00	4,04	446	220	104	62	40	—
54 × 40 × 7	4,50	4,66	501	247	117	70	44	26
55 × 45 × 7	4,52	4,92	500	247	115	70	44	26
63 × 50 × 10	9,00	8,00	1004	496	236	144	92	60
70 × 35 × 5	5,50	3,85	614	304	146	91	62	42
76 × 63 × 10	13,60	10,20	1520	750	360	223	150	101
80 × 50 × 5	8,00	5,00	895	443	214	124	92	64
80 × 50 × 7	10,30	6,60	1150	570	275	172	118	82
83 × 76 × 10	16,70	11,90	1864	923	443	276	186	127
89 × 76 × 10	19,00	12,40	2124	1055	508	318	211	153
90 × 70 × 9	16,00	10,00	1785	886	428	269	184	130
100 × 65 × 13	30,00	15,79	3342	1660	805	513	355	256
100 × 80 × 12 ½	26,00	15,00	2902	1440	698	440	304	216
102 × 51 × 11	24,00	12,00	2684	1332	648	412	288	210
102 × 76 × 11	26,00	14,00	2903	1440	700	440	304	216
110 × 65 × 11	28,00	13,00	3124	1550	755	483	340	247
120 × 80 × 15	49,00	22,00	5478	2722	1328	850	600	439
120 × 80 × 13	43,00	19,00	4806	2388	1166	746	526	386
120 × 90 × 15	50,00	23,00	5588	2777	1354	855	608	445
127 × 76 × 13	47,00	19,50	5251	2612	1276	817	578	430
140 × 70 × 10	54,00	20,50	6030	3000	1470	946	676	502
140 × 80 × 14	61,00	22,00	6813	3390	1664	1072	766	573
140 × 114 × 15	70,00	28,00	7825	3890	1904	1223	868	644
150 × 70 × 14	63,00	21,00	7030	3500	1618	1110	796	600
152 × 63 × 15	74,00	24,00	8276	4120	2022	1300	940	709
177 × 76 × 13	91,00	25,00	10187	5075	2500	1625	1175	1895
200 × 110 × 15	134,00	34,08	14989	7470	3682	2398	1740	1330
205 × 115 × 20	225,00	46,00	25154	12550	6200	4050	2965	2289

ESTÁTICA GRÁFICA

Definición. — La estática gráfica investiga, por medios puramente geométricos, las condiciones que determinan el equilibrio de un sistema cualquiera de fuerzas. La representación de las fuerzas en magnitud, dirección y sentido se efectúa por restas, indicando

su longitud y su posición. Es un método de cálculo muy sencillo y, sobre todo, muy rápido que permite, por la simple medición a escala sobre el dibujo, obtener los esfuerzos de tensión o de compresión que se desarrollan en las diversas partes de un sistema triangulado.

No vamos a desarrollar aquí la teoría del polígono de fuerzas ni los fundamentos del cálculo gráfico; nos limitaremos a dar ejemplos de la aplicación de este cálculo a diversos tipos de sistemas articulados de cerchas y de vigas.

La investigación de los esfuerzos por el procedimiento gráfico es muy sencilla y, si se dispone de una figura que indique la estructura de la construcción, no es indispensable tener un conocimiento completo de la estática, bastando seguir la marcha indicada en los esquemas que damos a continuación para resolver todos los casos que pueden presentarse en la práctica corriente.

En el cálculo gráfico no se tiene en cuenta el trabajo de flexión que pueden sufrir las piezas de una triangulación determinada, si existe una carga cualquiera—ya uniformemente repartida en toda su longitud, ya concentrada en un punto dado en el intervalo entre dos nudos;—dicho trabajo se calculará aparte con arreglo a lo indicado en las páginas 676 y siguientes.

En las estructuras trianguladas las cargas obran en los nudos como se indica en las figuras que siguen.

En todos los diagramas de esfuerzos que daremos luego, las líneas finas representan esfuerzos de tracción y las líneas gruesas esfuerzos de compresión.

Cálculo de las piezas de una estructura expuestas al pandeo.— Para las piezas sometidas a un esfuerzo de tracción, es suficiente darles una sección correspondiente a la carga indicada por el dibujo, teniendo en cuenta el coeficiente de seguridad adoptado, es decir, emplear la fórmula $P = k\ S$ (pág. 695). Para las piezas sometidas a compresión, es necesario tener en cuenta la posibilidad del pandeo, es decir, la flexión lateral que se puede producir en las piezas cargadas por un extremo, que es tanto más de temer cuanto mayor es la relación entre la longitud de la pieza y la dimensión transversal más pequeña.

Según la fórmula semiempírica de Rankine, el coeficiente de trabajo k_c admisible en piezas de extremos no empotrados y comprimidas en el sentido de su longitud, viene dado por la expresión:

$$k_c = \frac{P}{S}\left(1 + \alpha \frac{S}{I} l^2\right) = k\left(1 + \alpha \frac{S}{I} l^2\right)$$

de donde se deduce la carga total de seguridad

$$P = \frac{k_c S}{\left(1 + \alpha \frac{S}{I} l^2\right)}.$$

En dicha fórmula representan:

P la carga de compresión que gravita sobre la pieza en Kg,
S la superficie de la sección transversal en cm^2,
k el coeficiente de trabajo por compresión simple en Kg/cm^2,
I el momento de inercia de la sección en cm^4,
l la longitud de la pieza en cm.

A continuación damos una tabla que contiene los valores del coeficiente $\left(1 + \alpha \frac{S}{I} l^2\right)$ para las diferentes relaciones, entre la longitud l de la barra y la dimensión más pequeña h de la sección transversal, y para diversas secciones (figs. 1775 a 1783). Dicha tabla se ha calculado tomando:

$\alpha = 0{,}0001$ para el hierro dulce,
$\alpha = 0{,}0008$ para la fundición,
$\alpha = 0{,}0008$ para la madera,

y suponiendo, para las figuras 1777 a 1783, $h = 30\ \delta$ para el hierro dulce y $h = 10\ \delta$ para la fundición.

El coeficiente h_c no debe pasar de:

750 Kg/cm^2 para el hierro dulce,
1500 » para la fundición,
70 » para la madera.

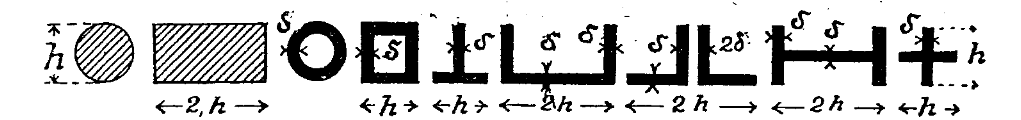
Como hemos dicho ya, esta tabla está calculada como si las piezas tuvieran las extremidades libres, es decir, articuladas, y se puede emplear en la determinación de la sección necesaria para pies derechos, columnas, etc., sin tener en cuenta el semiempotramiento de la basa y del capitel, que con frecuencia están mal colocados, pues de este modo se logra un margen de seguridad que compensará los defectos que puedan existir en el material.

Si quisiéramos, por ejemplo, saber qué sección será necesario dar a un pie derecho de hierro laminado de 4 metros de altura y 0,20 m como dimensión transversal más pequeña, cuya sección tenga forma de I (fig. 1782) veremos, en primer lugar, que $\frac{l}{h} = \frac{4{,}00}{0{,}20} = 20$; después, buscaremos en la columna $\frac{l}{h}$ de la tabla anterior el valor 20 y en la misma línea, en la casilla de la figura 1782, encontraremos 1,73 para el hierro laminado. Si adoptamos como coeficiente de trabajo máximo $k_c = 750\ Kg/cm^2$ se verificará, por consiguiente:

$$k_c = 750 = 1{,}73 \times \frac{P}{S}$$

y, por lo tanto,

$$k = \frac{P}{S} = \frac{750}{1{,}73} = 434\ Kg/cm^2.$$



Figs. 1775 a 1778. Figs. 1779 a 1781. Figs. 1782 y 1783.

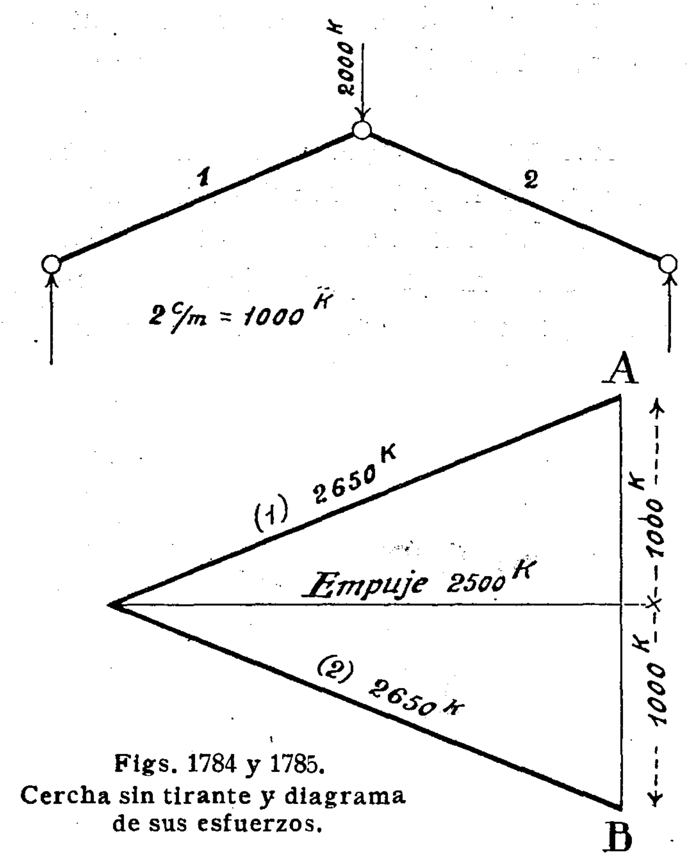
	HIERRO						FUNDICIÓN Y MADERA (Para la madera sólo las figuras 1775 y 1776)					
$\frac{l}{h}$	Fig. 1775	Fig. 1776	Fig. 1777	Fig. 1778	Figs. 1779 a 1781	Fig. 1782	Fig. 1775	Fig. 1776	Fig. 1777	Fig. 1778	Figs. 1779 a 1781	Fig. 1783
5	1,04	1,03	1,02	1,02	1,06	1,05	1,32	1,24	1,19	1,15	1,24	1,44
10	1,16	1,12	1,09	1,06	1,25	1,18	2,28	1,96	1,78	1,58	1,95	2,77
12	1,23	1,17	1,12	1,09	1,36	1,26	2,84	2,38	2,12	1,84	2,37	3,55
14	1,31	1,24	1,17	1,13	1,49	1,36	3,51	2,88	2,53	2,15	2,86	4,48
16	1,41	1,31	1,22	1,16	1,60	1,46	4,28	3,46	2,99	2,50	3,43	5,54
18	1,52	1,39	1,28	1,21	1,82	1,59	5,15	4,11	3,53	2,90	4,07	6,75
20	1,64	1,48	1,34	1,26	2,01	1,73	6,12	4,84	4,12	3,34	4,79	8,10
22	1,77	1,58	1,41	1,31	2,22	1,89	7,19	5,65	4,78	3,83	5,59	9,59
24	1,92	1,69	1,49	1,37	2,46	2,06	8,34	6,53	5,49	4,37	6,43	11,2
26	2,08	1,81	1,58	1,43	2,71	2,24	9,65	7,49	6,27	4,96	7,41	13,0
28	2,25	1,94	1,67	1,50	2,98	2,43	11,0	8,52	7,12	5,59	8,44	14,9
30	2,44	2,08	1,77	1,58	3,28	2,65	12,5	9,64	8,02	6,26	9,54	17,0
32	2,64	2,23	1,88	1,66	3,59	2,88	14,1	10,8	9,00	7,00	10,7	19,2
34	2,85	2,39	1,99	1,74	3,92	3,12	15,8	12,1	10,0	7,77	12,0	21,5
36	3,07	2,56	2,11	1,83	4,28	3,38	17,6	13,4	11,1	8,58	13,3	24,0
38	3,31	2,73	2,23	1,93	4,65	3,65	19,5	14,9	12,6	9,45	14,7	26,6
40	3,56	2,92	2,37	2,03	5,05	3,93	21,5	15,4	13,5	10,4	16,2	29,4
42	3,82	3,12	2,51	2,13	5,46	4,24	23,6	17,9	14,8	11,3	17,7	32,3
44	4,10	3,32	2,65	2,24	5,90	4,55	25,8	19,6	16,1	12,3	19,4	35,4
46	4,38	3,53	2,81	2,36	6,35	4,88	28,1	21,3	17,5	13,4	21,1	38,6
48	4,69	3,76	2,97	2,48	6,83	5,23	30,5	23,1	19,0	14,5	22,9	41,9
50	5,00	4,00	3,14	2,60	7,32	5,59	33,0	25,0	20,5	15,6	24,7	45,4
55	5,84	4,63	3,59	2,94	8,65	6,55	39,7	30,0	24,6	18,7	29,7	54,7
60	6,76	5,32	4,08	3,31	10,1	7,70	47,1	35,6	29,1	22,1	35,2	64,9
65	7,76	6,07	4,61	3,71	11,7	8,75	55,1	41,6	34,0	25,7	41,1	76,0
70	8,84	6,88	5,19	4,14	13,4	9,99	60,4	48,0	39,3	29,7	47,5	88,0
75	10,00	7,75	5,81	4,61	15,2	11,3	73,0	55,0	44,9	33,9	54,4	101,0
80	11,22	8,68	6,47	5,10	17,2	12,7	82,9	62,4	50,9	38,5	61,7	115,0
90	14,00	10,70	7,93	6,19	21,5	15,8	105,0	78,8	64,2	48,4	77,9	145,0
100	17,00	13,00	9,55	7,41	26,3	19,3	129,0	97,0	79,0	59,5	95,9	178,0

Será necesario, pues, calcular la sección S de modo que la carga P no produzca en ella un trabajo k, por compresión simple, superior a 434 Kg/cm² a fin de que el trabajo total k_c teniendo en cuenta el pandeo, no exceda de 750 Kg/cm². Si $P = 15000$ Kg sería menester que:

$$S = \frac{15000}{434} = 34{,}60 \text{ cm}^2.$$

En las estructuras de madera, las piezas comprimidas pueden considerarse muchas veces como semiempotradas e incluso como

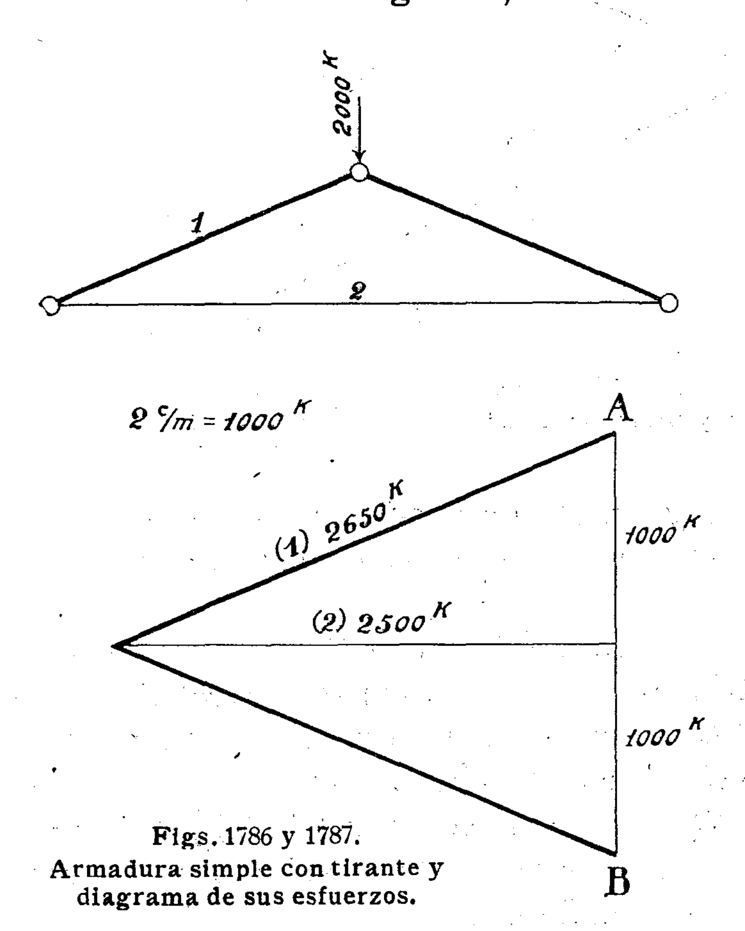
empotradas, en ciertas ocasiones; en este caso, los coeficientes indicados en la tabla pueden reducirse, multiplicándolos por 0,7 si hay semiempotramiento, y por 0,5 cuando se trata de empotramiento completo.



Figs. 1784 y 1785.
Cercha sin tirante y diagrama de sus esfuerzos.

Armadura sin tirante. — El caso más sencillo es el representado en la figura 1784. Es una cercha sin tirante, en que se supone que dos construcciones contiguas pueden soportar el empuje resultante de la carga en la cumbrera, que hemos fijado arbitrariamente en 2000 Kg.

Para trazar el diagrama, siendo vertical la dirección de la carga, tomaremos (figura 1785) sobre una vertical (1) la carga de 2000 Kg en una escala cualquiera (en nuestro croquis, cada 2 cm representan 1000 Kg) y trazaremos una perpendicular a ella en el centro, es decir, que tendremos 1000 Kg por encima y 1000 Kg por debajo. En seguida trazaremos por los extremos *A* y *B* dos paralelas a los pares de la cercha (líneas *1* y *2* de la figura 1784).



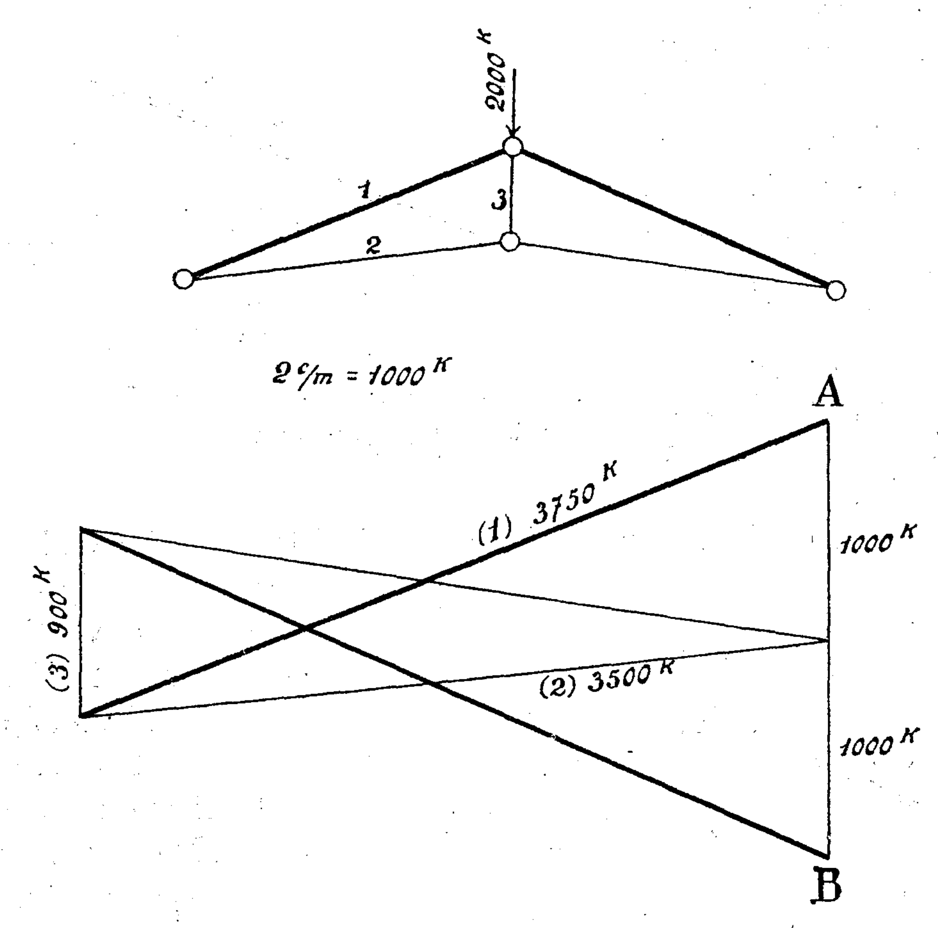
Figs. 1786 y 1787.
Armadura simple con tirante y diagrama de sus esfuerzos.

No tendremos, pues,

(1) Si la dirección de las cargas fuera oblicua, habría que llevarlas sobre una línea de la misma inclinación, y en la escala elegida; las demás líneas permanecerían paralelas a los elementos de la estructura.

más que medir en la escala elegida para las fuerzas (2 cm por 1000 Kg) el esfuerzo que representan las líneas trazadas y encontraremos 2650 Kg de compresión en cada una.

Armadura simple con tirante.—Si los muros no pueden soportar el empuje y hay que emplear una armadura con tirante (fig. 1786) se traza el diagrama como en el caso anterior, pero en él aparecerá un nuevo esfuerzo *(2)*, paralelo al tirante *2*, que representará la tensión de éste; medido a escala, resulta valer 2500 Kg.



Figs. 1788 y 1789.
Armadura simple de pendolón y tirante peraltado y diagrama de sus esfuerzos.

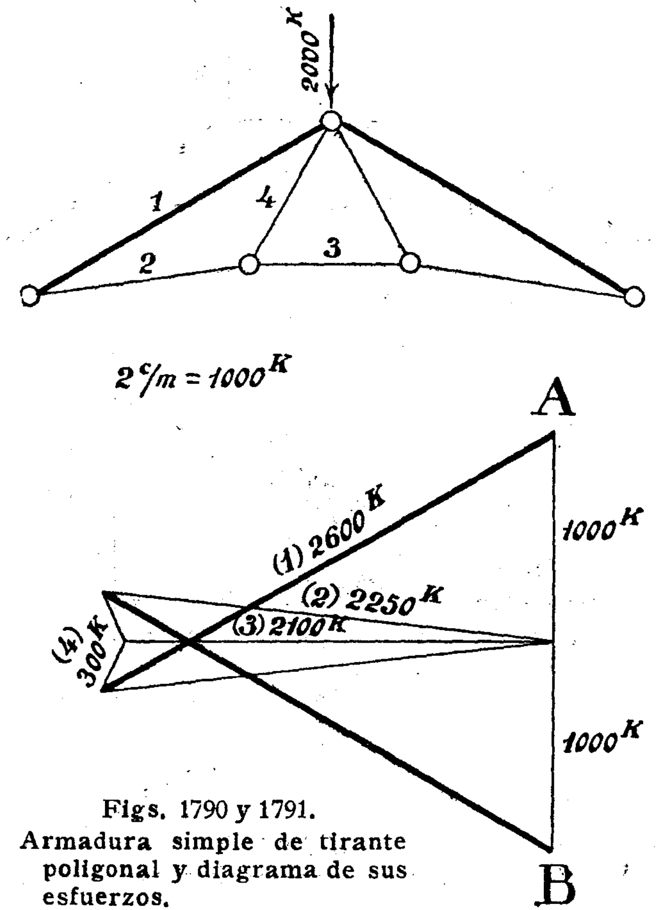
Armadura de pendolón y tirante peraltado.—Otro ejemplo del mismo orden, pero con tirante peraltado por un pendolón, es el de la figura 1788.

Tomaremos (fig. 1789) la carga sobre una línea vertical como en los casos precedentes: trazaremos por A y B paralelas a los pares y por el punto medio de AB paralelas a los tirantes hasta que la fuerza *(2)* se corte con la fuerza *(1)*; ambos puntos de intersección se unirán por una línea *(3)* que debe ser paralela al pendolón. Midiendo los esfuerzos a escala se obtienen las tensiones y compresiones de las barras, anotadas en la figura.

Examinando el diagrama de la figura 1789 se verá en seguida que, a medida que se peralta más el tirante por encima de la horizon-

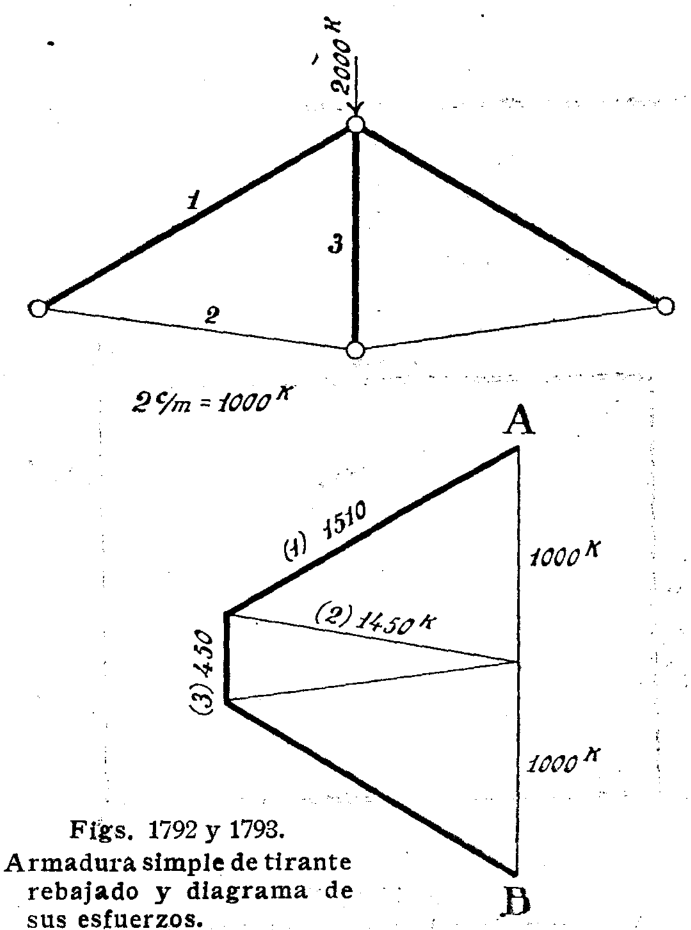
tal, mayor es la compresión de los pares y la extensión de los tirantes.

Armadura simple de tirante poligonal.—La figura 1790 representa esta cercha. Supongamos siempre la misma carga de 2000 kilogramos que tomaremos a escala sobre la vertical AB (fig. 1791) trazando: por A y B paralelas *(1)* a los pares *1;* por el centro, paralelas *(2)* a los tirantes *2;* por la intersección de *(1)* y *(2)*, paralelas *(4)* a los tirantes *4*, que irán a cortarse sobre la fuerza *(3)*, y determinan su magnitud, que se medirá a escala como siempre.



Figs. 1790 y 1791.
Armadura simple de tirante poligonal y diagrama de sus esfuerzos.

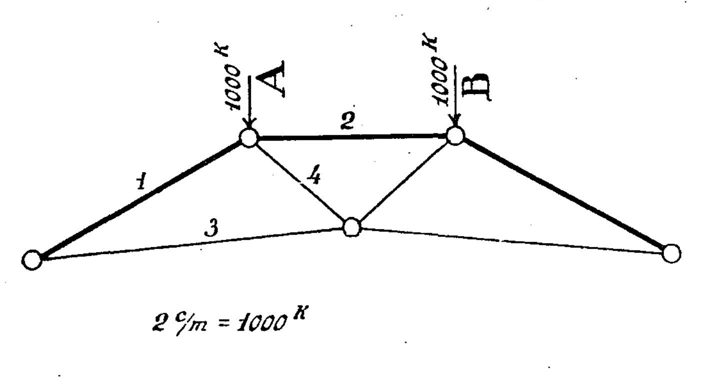
Armadura simple de tirante rebajado.—La figura 1792 muestra una del mismo sistema que la representada en la figura 1788, pero con tirante rebajado por debajo de la horizontal. Esta disposición se emplea rara vez, porque el tirante rebajado es un estorbo y obliga a aumentar la altura de los muros de apoyo; no la hemos indicado más que para mostrar cómo disminuyen los esfuerzos, al aumentar la inclinación de la cubierta y prolongar el pendolón por debajo de los puntos de apoyo.

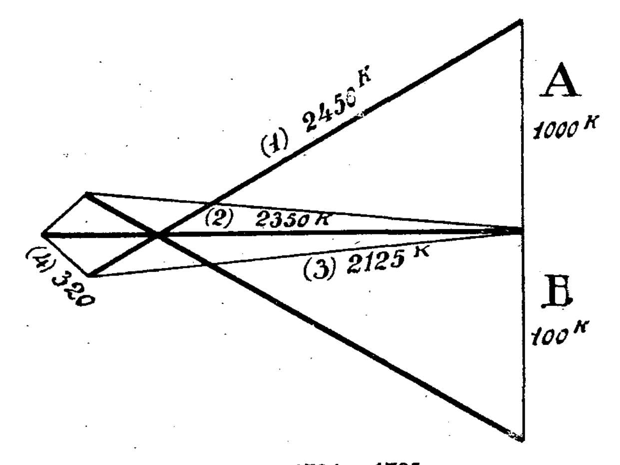


Figs. 1792 y 1793.
Armadura simple de tirante rebajado y diagrama de sus esfuerzos.

Armadura poligonal.—Las figuras 1794 y

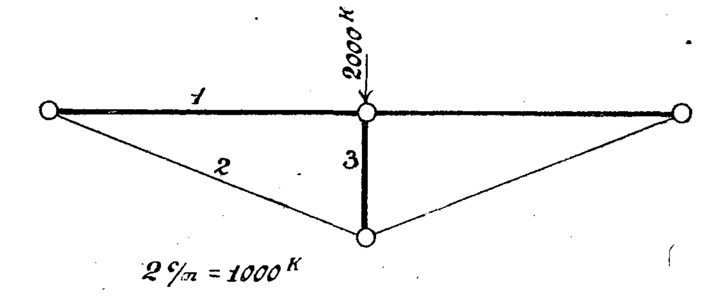
1795 representan una cercha poligonal, o si se quiere una viga o jácena triangulada, con su correspondiente diagrama de esfuerzos. La marcha que se sigue para trazar este último es la misma que en los casos precedentes, por ejemplo, igual que la explicada para las figuras 1790 y 1791.

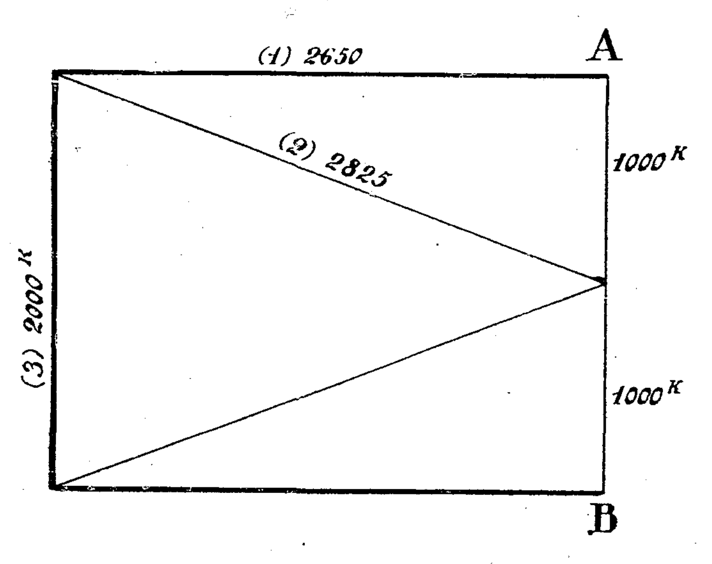




Figs. 1794 y 1795.
Cercha poligonal y diagrama de sus esfuerzos.

Vigas armadas.—La figura 1796 representa una viga armada del tipo que se ha descrito en la figura 617 (página 240). Supondremos que la carga es de 2000 Kg en el centro, o sea 1000 Kg de reacción en cada apoyo. Después de tomar dichas reacciones sobre la línea AB se trazan por A y B (figura 1797) paralelas *(1)* a los cordones *1* y por el centro (encuentro de las reacciones) paralelas *(2)* a los tirantes *2*; uniendo los puntos de intersección de *(1)* y *(2)* por una recta se obtendrá la compresión *(3)* de la mangueta *3* que, por lo tanto, debe ser paralela a ella. Midiendo a escala las fuerzas, se obtienen los valores anotados en la figura 1797.

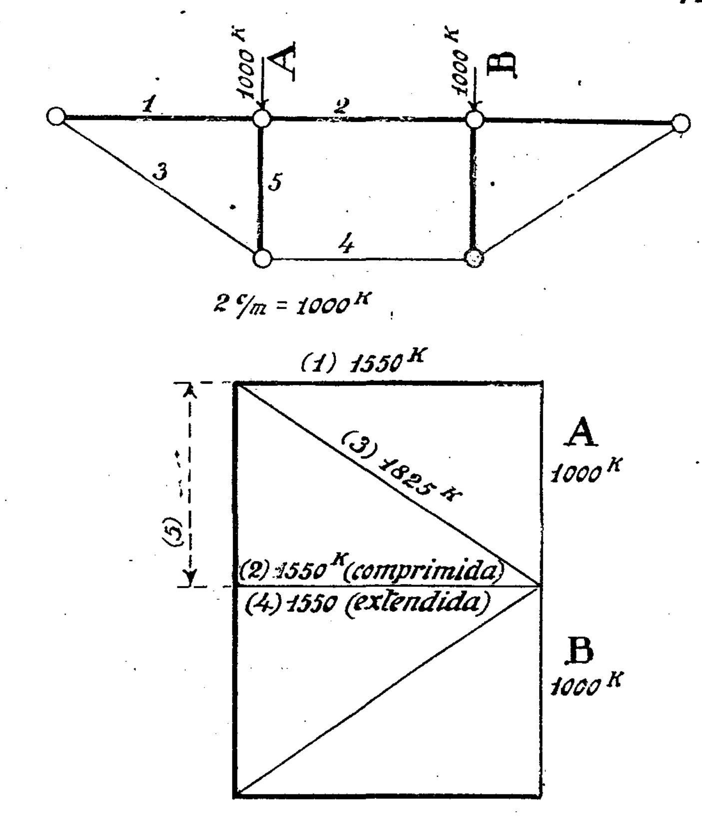




Figs. 1796 y 1797.
Viga armada y diagrama de sus esfuerzos.

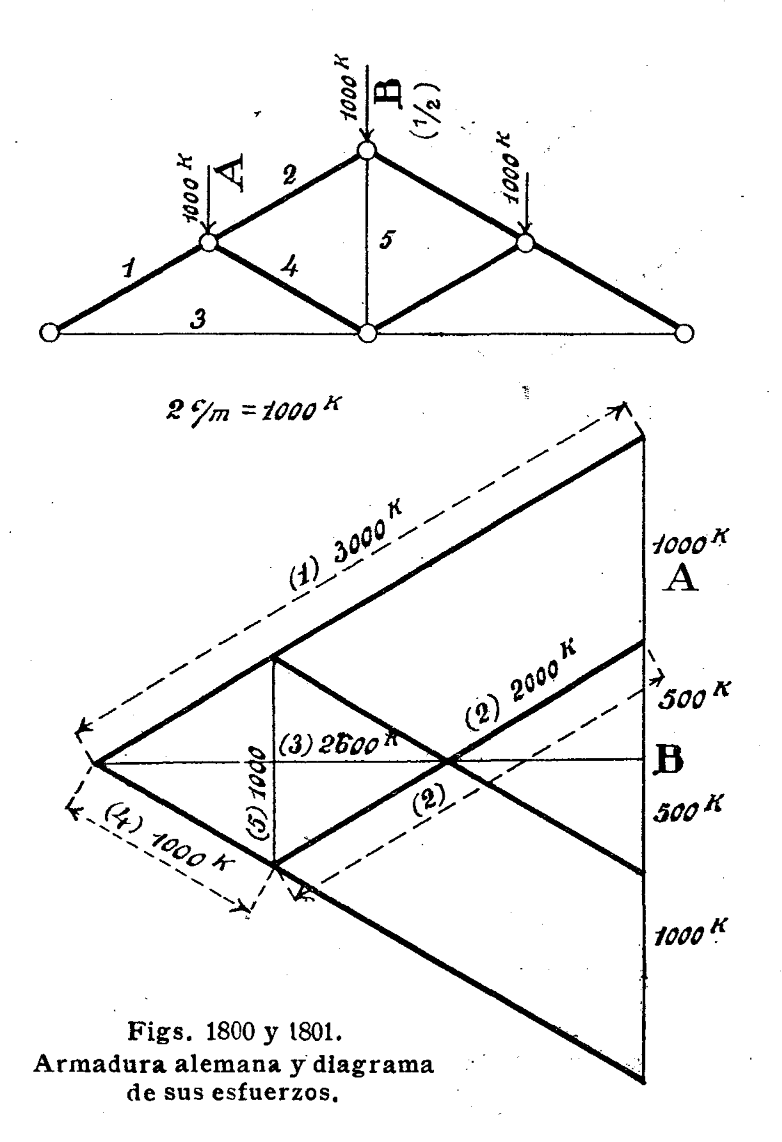
También se hacen vigas armadas con dos o más manguetas como muestra la figura 1789 (esquema de la viga re-

presentada en la figura 891, pág. 312). El trazado es igual, pero los esfuerzos son menos considerables. Se observará que en el diagrama (figura 1799) las tensiones *(2)* y *(4)* se superponen, es decir, que las barras *2* y *4* están sometidas a un trabajo equivalente, pero el elemento *2* trabaja a la compresión y el *4* sufre tracción, lo cual debe tenerse en cuenta para los efectos del pandeo.



Figs. 1798 y 1799.--Viga armada y diagrama de sus esfuerzos.

Armadura alemana.—En la figura 1800 se representa una armadura alemana que, además de la hilera, tiene dos filas de correas. La marcha para trazar el diagrama (fig. 1801) es la misma que en los casos anteriores.

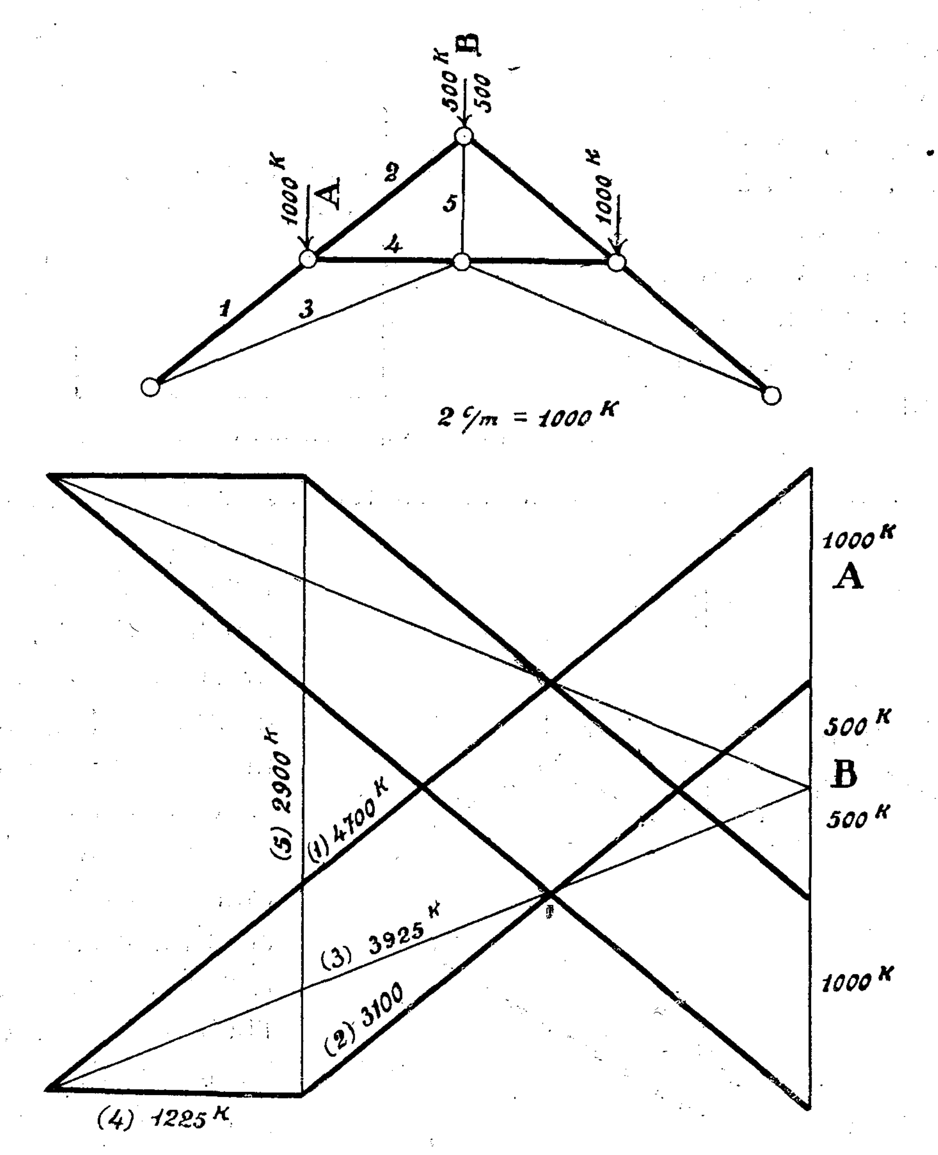


Figs. 1800 y 1801.
Armadura alemana y diagrama de sus esfuerzos.

Se tomarán sobre una vertical, y una a continuación de otra, las tres fuerzas de 1000 Kg que actúan en los nudos de la cercha; por el extremo de la primera fuerza *A* se trazará la paralela *(1)* al elemento *1* del par y por el centro de *B* la horizontal *(3)* paralela al tirante *3*; la intersección de *(1)* y *(3)* dará, a escala, sus respectivas magnitudes. Por el encuentro de la fuerza *A* con la fuer-

za *B*, se traza *(2)* paralela al par *2;* su encuentro con *(1)* da, a escala, el valor de *(2)*. El diagrama es simétrico, por lo mismo que la estructura geométrica de la cercha y la distribución de sus esfuerzos lo es. Uniendo entre sí las intersecciones de *(2)* y *(1)*, se obtiene la magnitud de la tracción *(5)* del pendolón, la cual, si la figura se ha trazado con cuidado, debe ser paralela a *5*.

Obsérvese que, tanto en este diagrama como en los anteriores y en los que siguen, *a varias barras 1, 2, 4 y fuerza A de la estruc-*



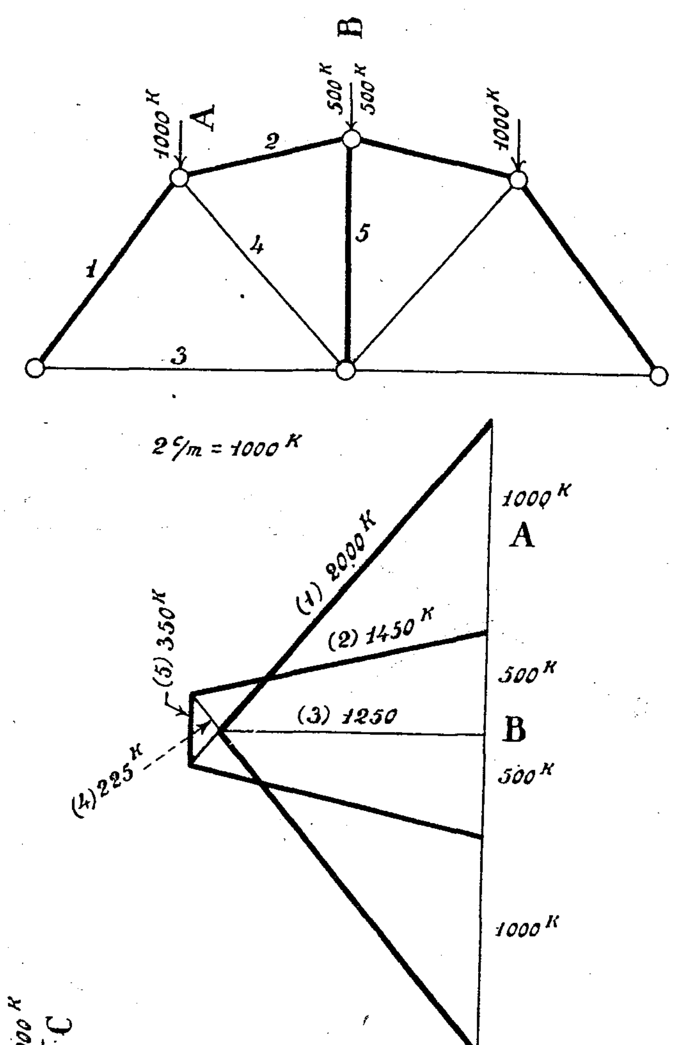
Figs. 1802 y 1803.—Armadura de puente y tirante peraltado y diagrama de sus esfuerzos.

tura que concurren en un mismo nudo de ella le corresponde en el diagrama un polígono cerrado (1)-A-(2)-(4); recíprocamente, *a tres tensiones (1), (3) y (4) que en el diagrama concurren en un mismo vértice, le corresponden en la estructura tres barras que forman un triángulo 1-4-3.* La aplicación rigurosa de este principio facilita mucho el trazado de los diagramas.

Armadura de puente y tirante peraltado.—Las figuras 1802 y 1803 representan el caso de una cercha de dos correas, con puente

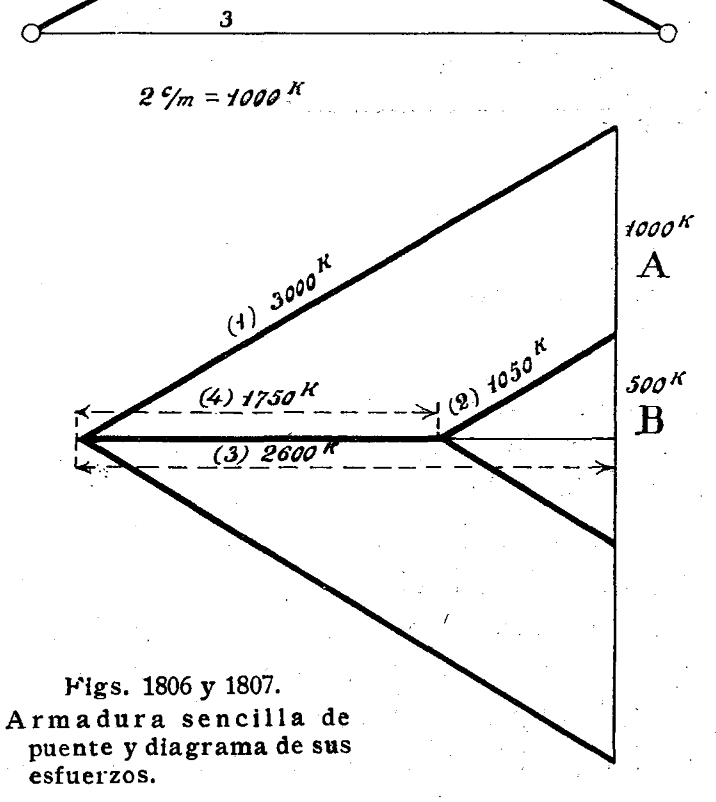
y tirante peraltado; el trazado del diagrama no ofrece dificultad, una vez comprendido el caso anterior.

Armadura arqueada. — Este tipo, representado en la figura 1804, se emplea muy raramente, pues cuando ha de tener dicha forma la cubierta, se prefiere emplear un arco propiamente dicho (véase pág. 744) que permite la utilización del espacio sin estorbos de tirantes y pendolones. El trazado del diagrama (figura 1805) no puede ofrecer dificultad alguna, si se repasan atentamente las explicaciones dadas a propósito de la figura 1801.



Figs. 1804 y 1805. — Armadura arqueada y diagrama de sus esfuerzos.

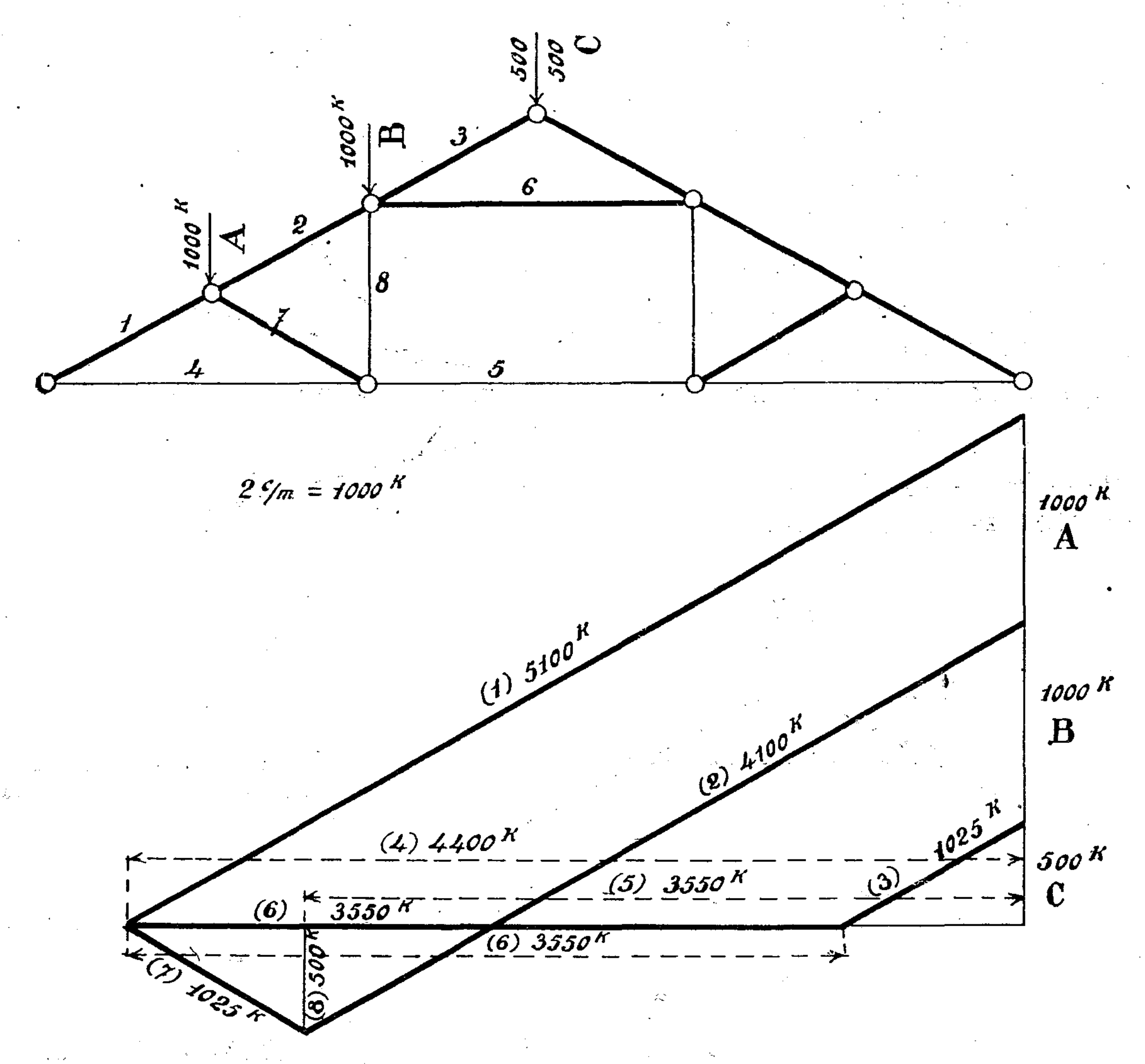
Armadura sencilla de puente. — Esta cercha, representada con su gráfico de fuerzas en las figuras 1806 y 1807, no tiene pendolón. El puente impide la flexión de los pares y, según indican las figuras, sufre esfuerzo de compresión. El tirante, extendido, impide el empuje contra los apo-



Figs. 1806 y 1807. Armadura sencilla de puente y diagrama de sus esfuerzos.

yos. El trazado del diagrama es análogo al indicado para la armadura alemana.

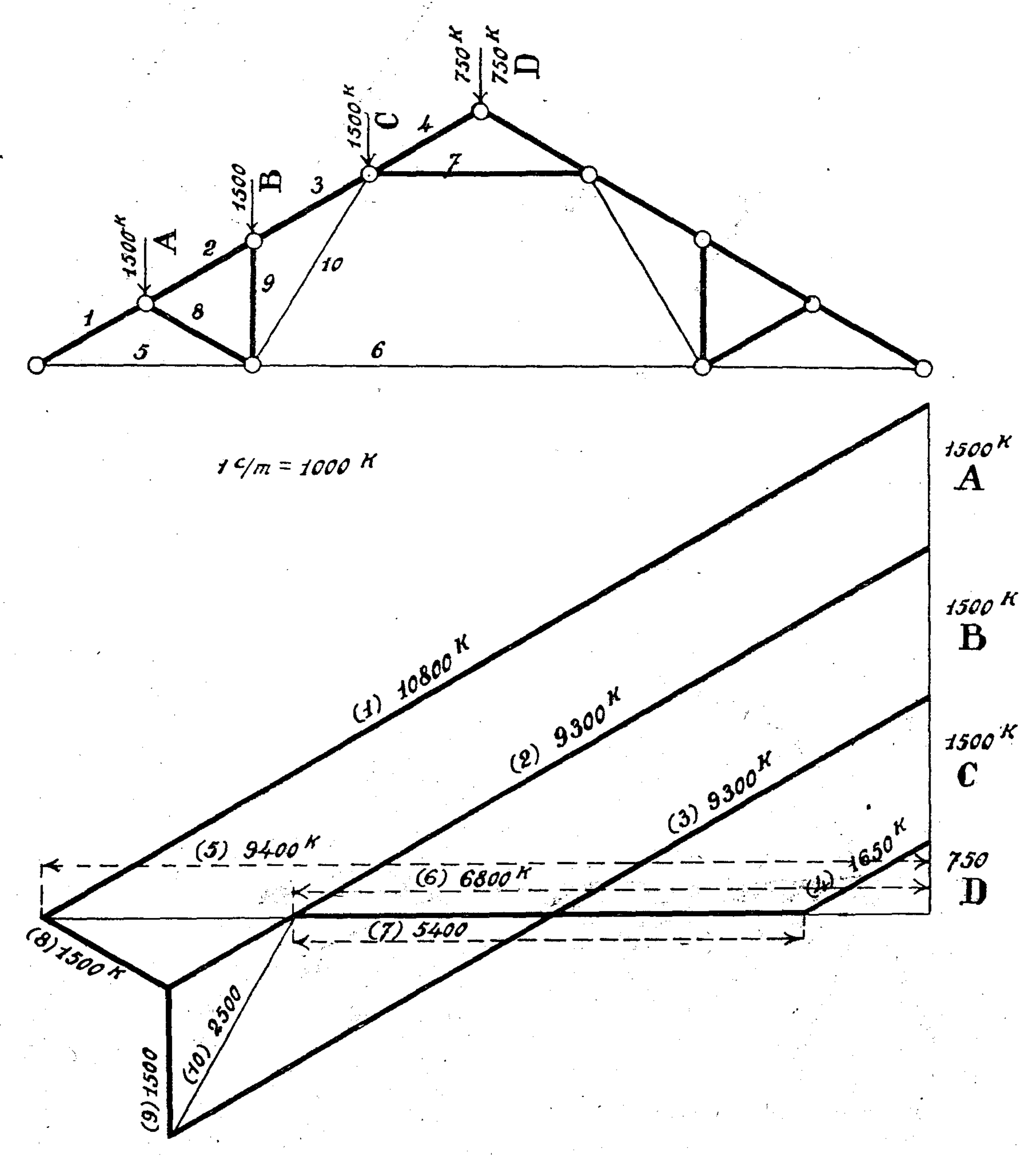
Armaduras diversas con varias filas de correas.—La figura 1808 representa una cercha con cuatro filas de correas (además de la hilera) que puede hacerse toda de hierro o de madera y hierro, empleando la madera para los elementos comprimidos y el hierro en los tendidos. No se ha trazado más que la mitad del diagrama (fig. 1809), ya



Figs. 1808 y 1809.
Armadura con hilera y cuatro filas de correas; diagrama de esfuerzos.

que éste es simétrico con relación a la horizontal en virtud de la simetría de forma y de carga. Parecida a la anterior es la armadura que muestra la figura 1810 con seis filas de correas (aparte de la hilera, como siempre) que también puede construirse toda de hierro o de madera y hierro. En el gráfico (fig. 1811), del que tampoco se ha trazado más que la mitad, como en el caso anterior, cada centímetro representa 1000 kilogramos, es decir, que se ha tomado una escala de fuerzas más reducida que en las figuras anteriores. El trazado del diagrama se efectuará, como siempre; tomando las fuerzas A, B, C, D

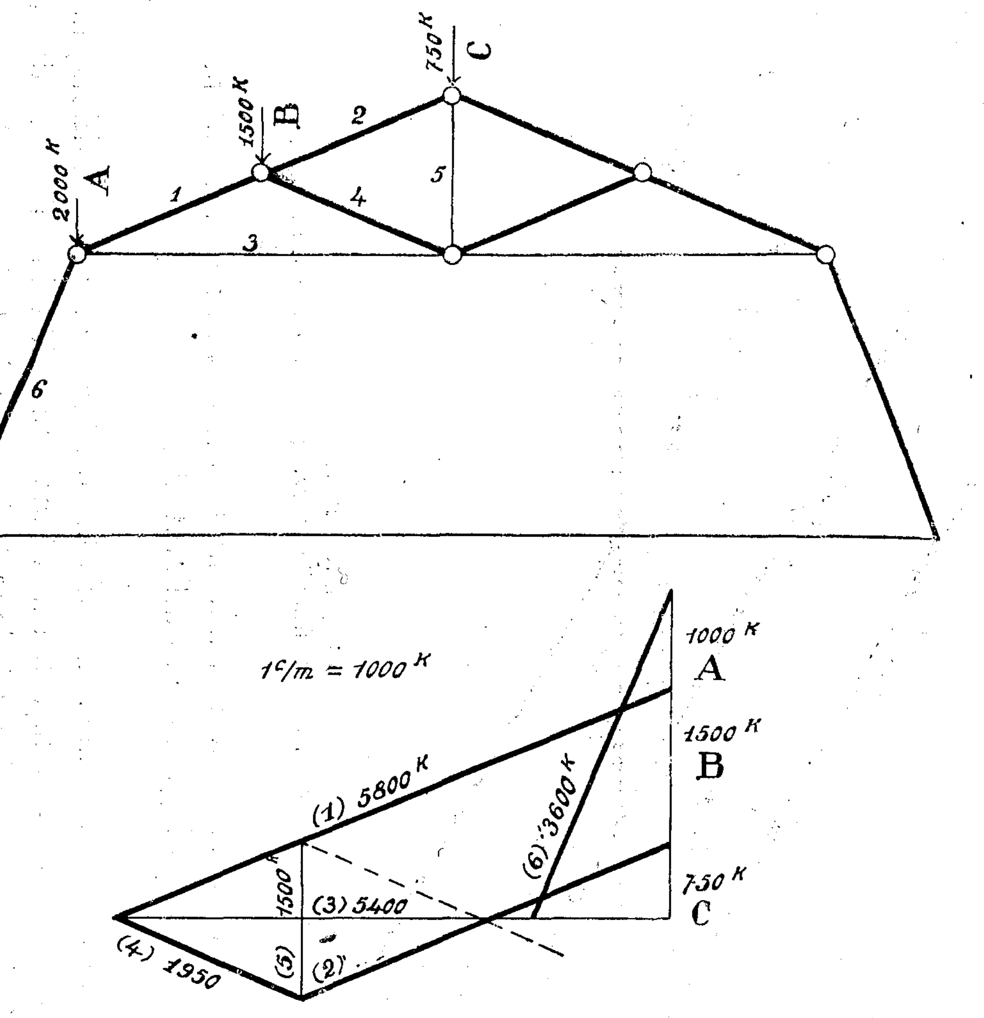
unas a continuación de otras sobre una vertical (puesto que obran verticalmente), trazando por el extremo de *A* la paralela *(1)* al elemento *1* de la cercha y por el extremo de *D* (750 Kg) la horizontal *(5)* paralela al elemento *5* de tirante; la intersección de *(1)* y *(5)* determina sus magnitudes respectivas. Por el encuentro de *A* y *B*, se trazará la paralela *(2)* al elemento *2* y así sucesivamente; aplicando



Figs. 1810 y 1811.
Armadura con hilera y seis filas de correas; diagrama de esfuerzos.

el principio de correlación citado al tratar de la armadura alemana, se completará el diagrama sin dificultad.

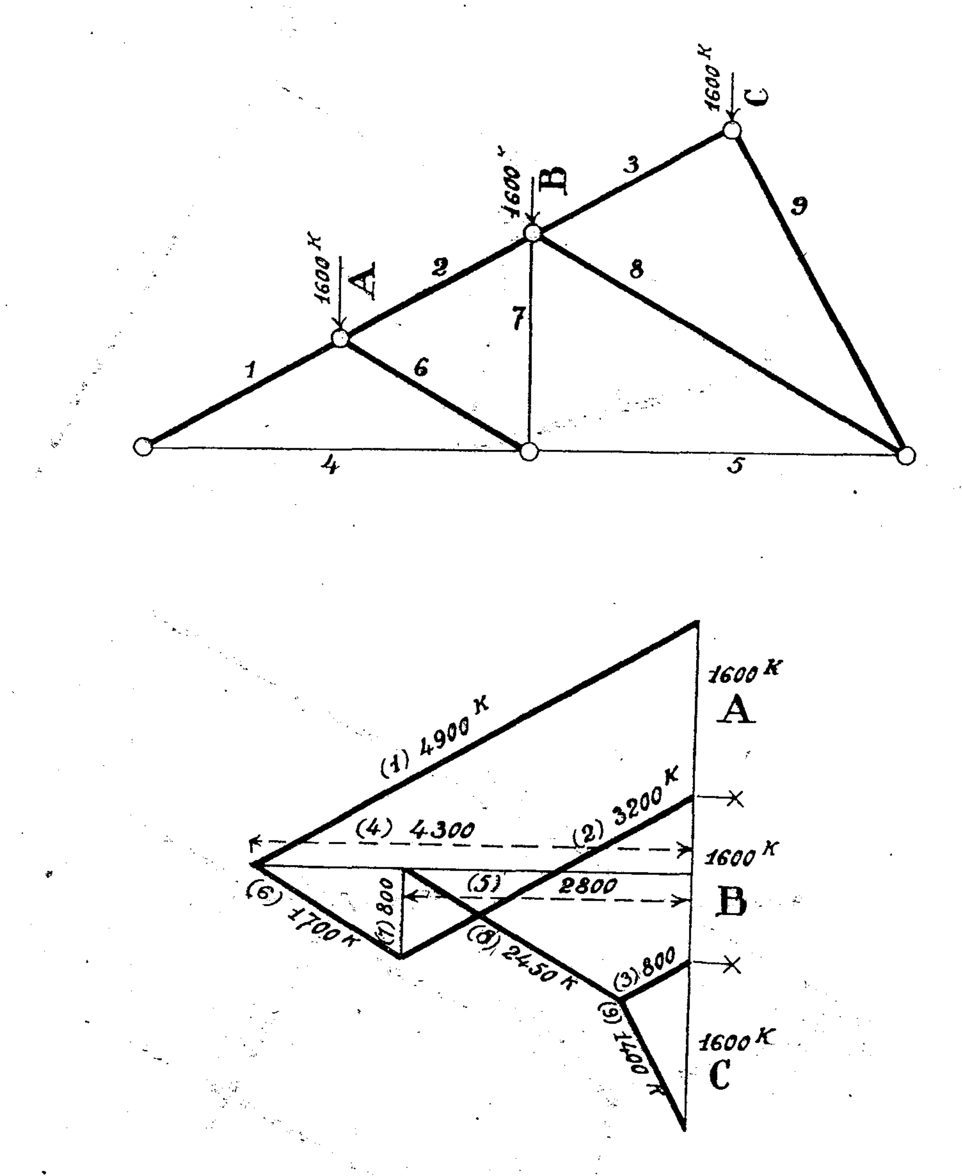
Armadura a la Mansard.—En la construcción de un edificio, las cerchas a la Mansard (fig. 1812, véanse también las figuras de la página 281 y las de las páginas 373 y siguientes) se emplean con frecuencia, por lo que nos ha parecido conveniente dar un ejemplo



Figs. 1812 y 1813.
Armadura *a la Mansard* y diagrama de sus esfuerzos.

Figs. 1814 y 1815.—Armadura sencilla en diente de sierra y diagrama de sus esfuerzos.

de la misma (fig. 1812). Observaremos que el remate de la cubierta está constituído por una cercha alemana como la representada en la figura 1800. Todo se reduce, pues, a obtener el esfuerzo de las piezas de madera *6*, pues el resto del diagrama (del que sólo se ha trazado la mitad) es igual a la figura 1801. Para ello se calcula la carga que gravita sobre el trozo *1* de par y la que actúa sobre la porción de cubierta *6*, se suman y se divide por dos; el resultado será la



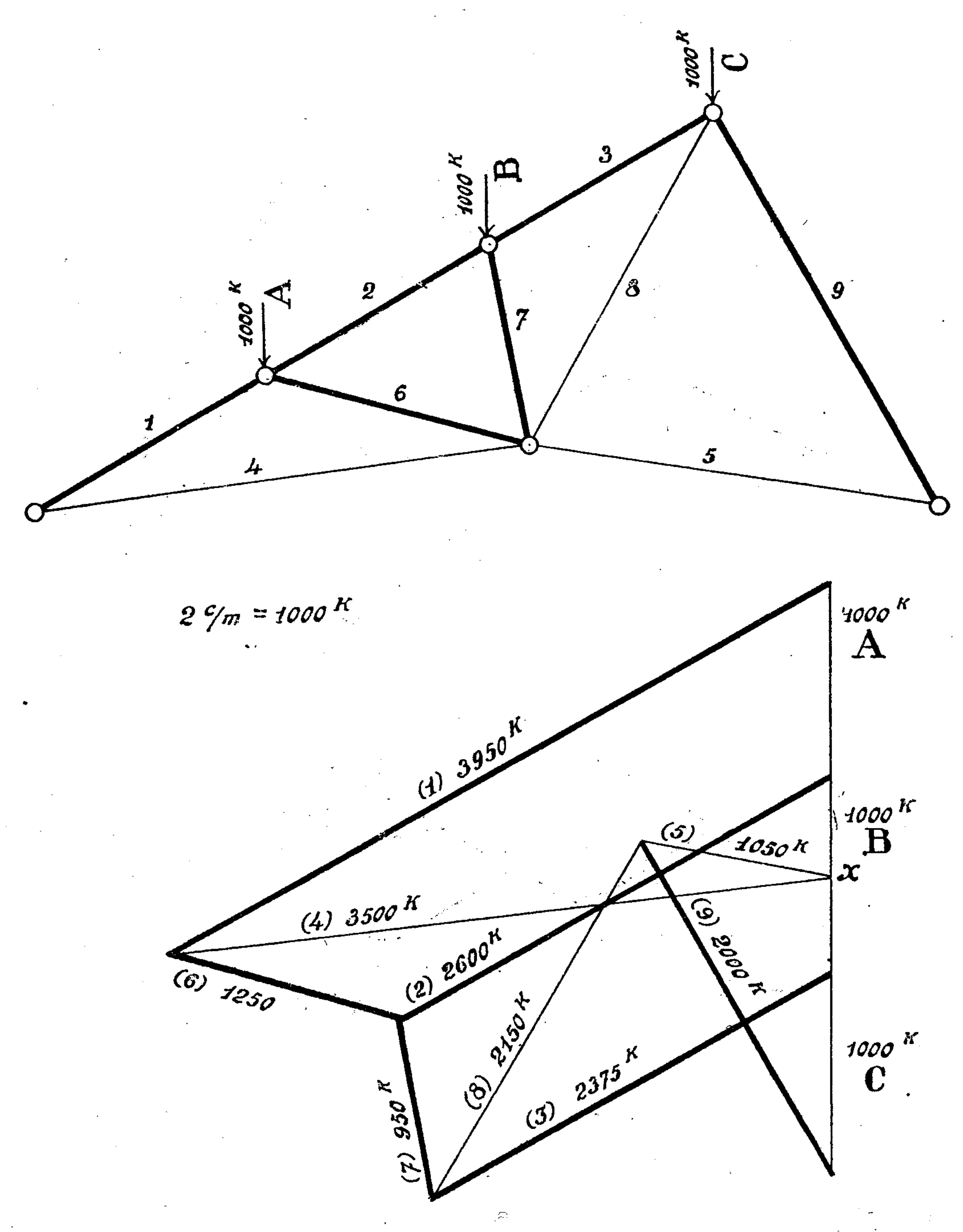
Figs. 1816 y 1817.—Armadura en diente de sierra y diagrama de sus esfuerzos.

carga *A* (1000 Kg) que actúa en el nudo donde se articulan *6* y *1*. Esta fuerza *A*, a la escala elegida, se tomará sobre la línea vertical encima de la carga *B* (fig. 1813) y luego se trazará una paralela *(6)* al elemento *6* de la cercha y se medirá a escala el esfuerzo correspondiente.

Armaduras en diente de sierra.—Las cerchas llamadas en diente de sierra son muy empleadas en los edificios industriales y se han estudiado con detenimiento en las páginas 278 y 370; la parte cuya

inclinación es mayor está envidrierada y orientada al norte porque esta orientación es la que da la luz más favorable. Las figuras 1814 a 1821 representan cuatro modelos de cerchas de esta clase y sus correspondientes diagramas de esfuerzos.

El trazado de los diagramas no ofrece en sí nada de particular y habría que repetir aquí todo lo dicho en los casos anteriores; sobre

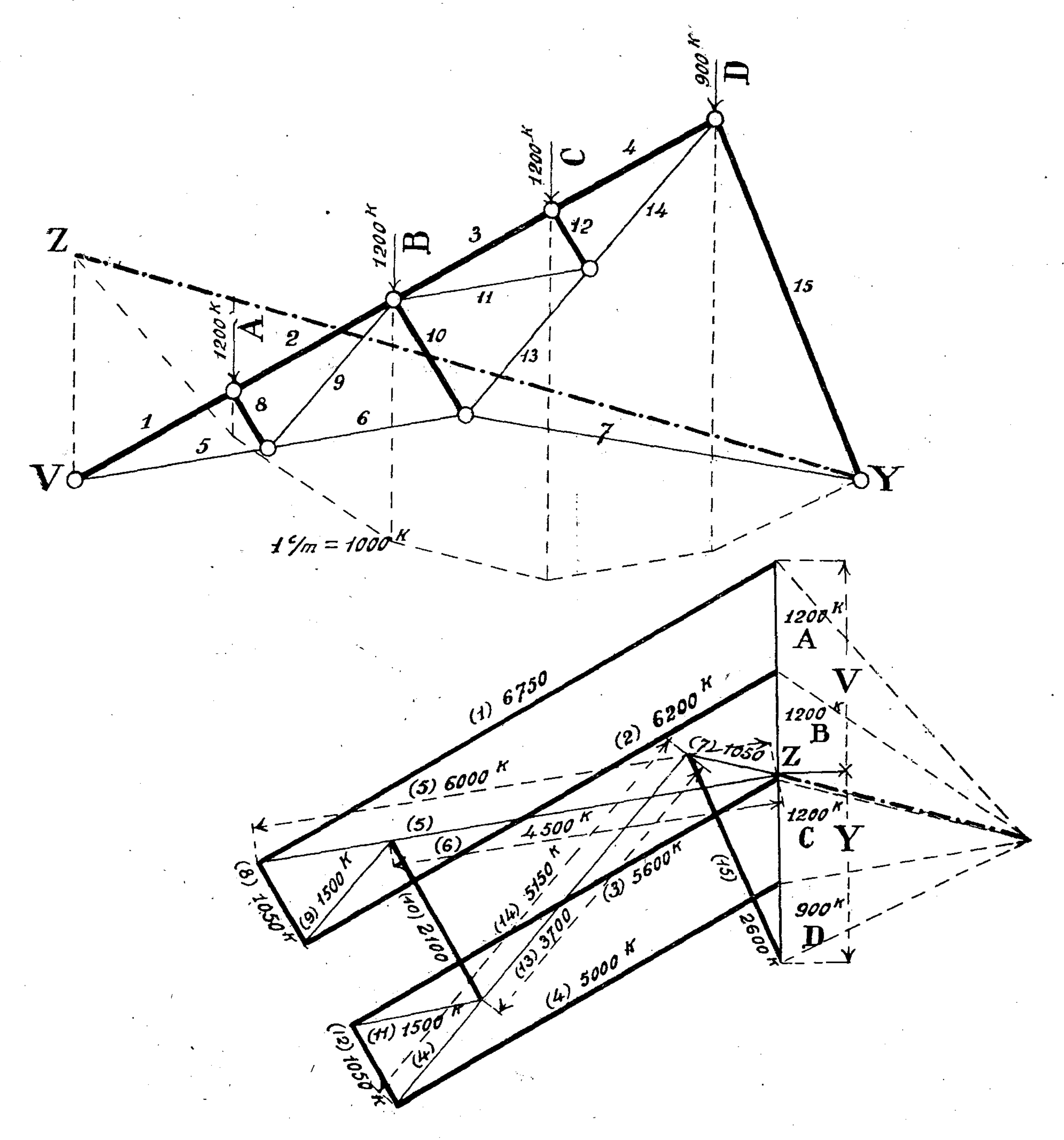


Figs. 1818 y 1819.—Armadura en diente de sierra y diagrama de sus esfuerzos.

todo, el principio enunciado al hablar de la armadura alemana será de gran utilidad. Pero hay que observar en este caso que, siendo disimétrica la forma de la armadura, lo es también la distribución de cargas, lo cual hace que no sean iguales las reacciones de ambos apoyos. Por lo tanto, en este caso y en todos aquellos en que la disimetría de distribución de cargas pueda dar desigualdad de reaccio-

nes, es preciso empezar por determinar cada una de estas reacciones.

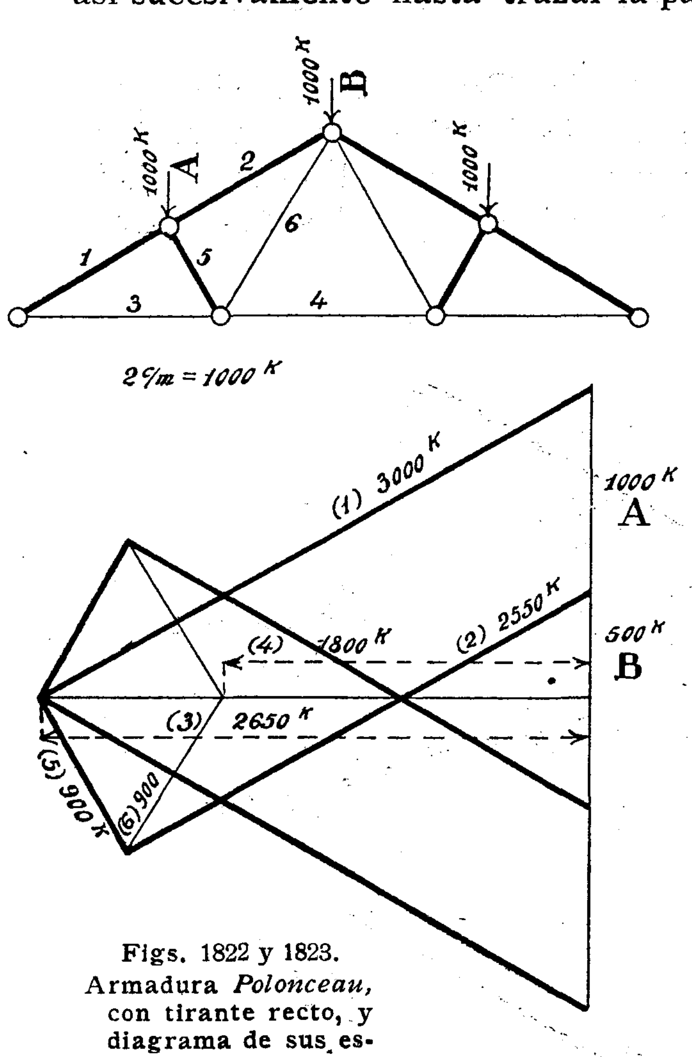
Veamos cómo se procede para ello. Tomemos como ejemplo la armadura representada en la figura 1820. Sobre una vertical (figura 1821) se tomarán, unas a continuación de otras, las cargas *A*, *B*, *C*, *D*; la suma de ellas nos da a conocer la suma de las dos reacciones.



Figs. 1820 y 1821.
Armadura en diente de sierra, triangulada *a la Polonceau*, y diagrama de sus esfuerzos.

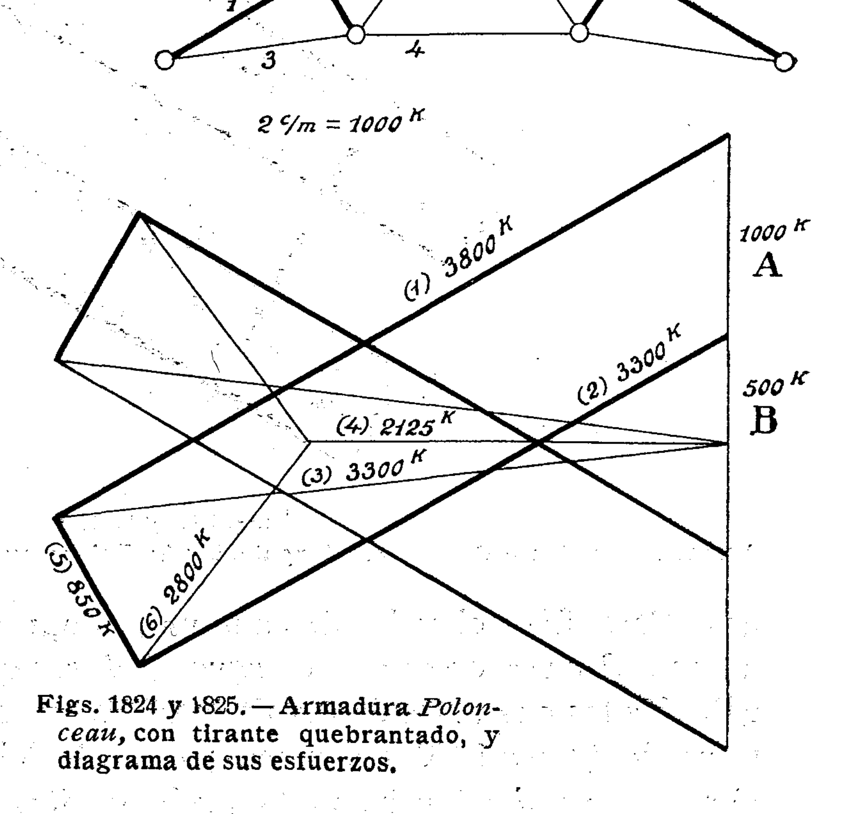
nes. Para fijar el valor de cada reacción, tomemos arbitrariamente un *polo O* y tracemos por él *rayos polares* que vayan (fig. 1821) del polo *O* a los extremos de las distintas fuerzas *A*, *B*, *C*, *D*. Después, sobre la figura 1820, tracemos, partiendo del apoyo *Y*, una paralela al primer rayo polar hasta la prolongación de la fuerza *D*; por el punto de encuentro con ésta, una paralela al segundo rayo polar y

así sucesivamente hasta trazar la paralela al último rayo polar, que se prolongará hasta encontrar la vertical del apoyo V. El polígono así obtenido se llama *polígono funicular* y la línea ZY es la *línea de cierre* del mismo. Trazando por O (fig. 1821) una recta OZ, paralela a la línea de cierre ZY, dicha recta determinará sobre la vertical de las fuerzas un punto Z que da las dos reacciones V e Y buscadas.



Figs. 1822 y 1823. Armadura *Polonceau*, con tirante recto, y diagrama de sus esfuerzos.

Del punto Z (fig. 1821) partirá el esfuerzo *(7)* paralelo al tirante *7*, el cual, cortándose con *(15)*, determinará la magnitud de uno y de otro. Asimismo de Z partirá *(5)* que, cortándose con *(1)*, determina ambos esfuerzos.—El resto del trazado no ofrece dificultad.



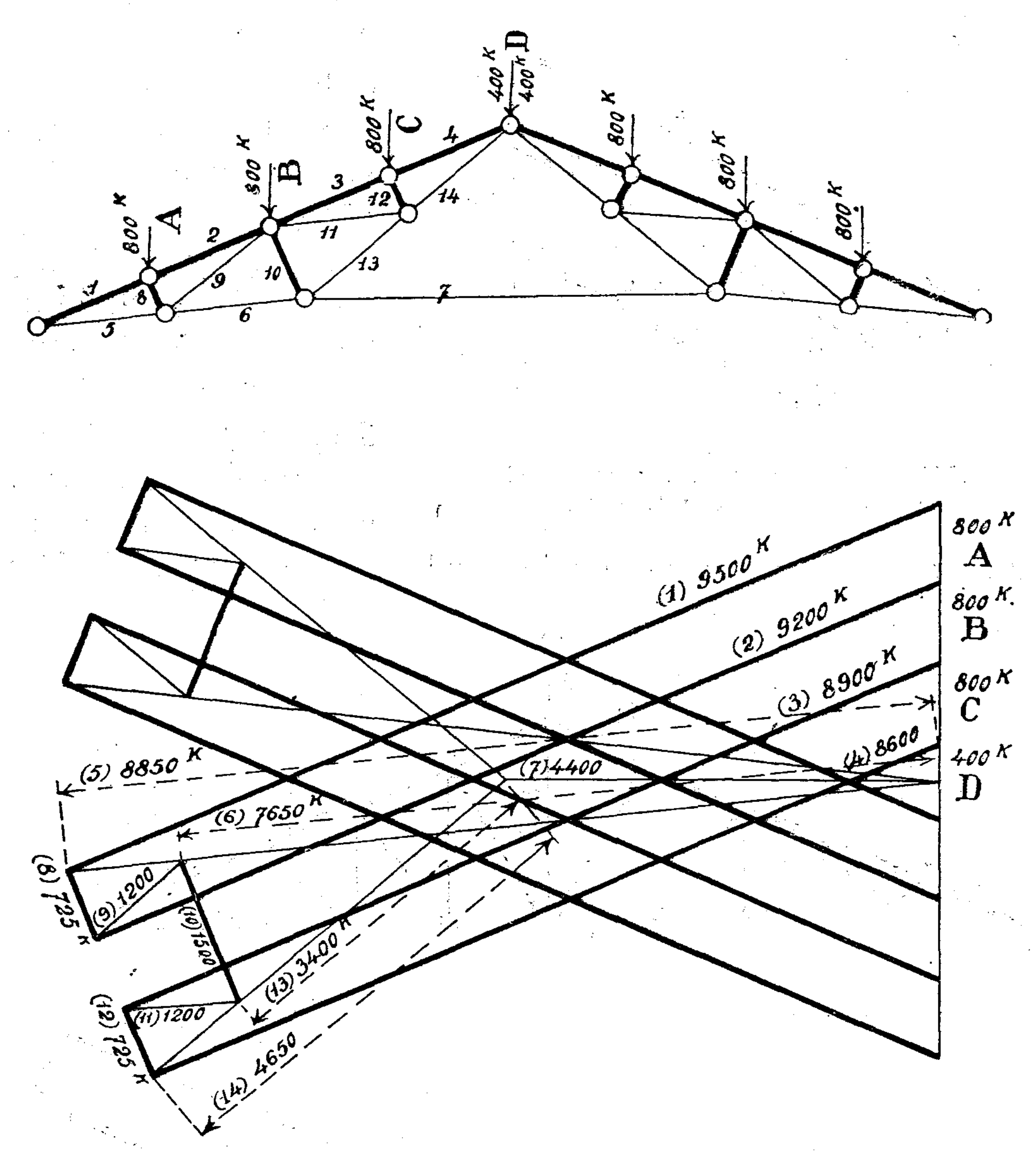
Figs. 1824 y 1825.—Armadura *Polonceau*, con tirante quebrantado, y diagrama de sus esfuerzos.

Obsérvese que las fuerzas *(7)*, *(15)* e Y forman en el diagrama un triángulo, pues las barras *7*, *15* y la reacción del apoyo concurren en un mismo nudo Y de la cercha (fig. 1820). De la misma manera *(1)*, *(5)* y V constituyen otro triángulo correspondiente a la

concurrencia de las barras *1* y *5* con la reacción *V* en un mismo unido.

Armaduras Polonceau. — Las figuras 1822 a 1827 representan tres cerchas de este tipo.

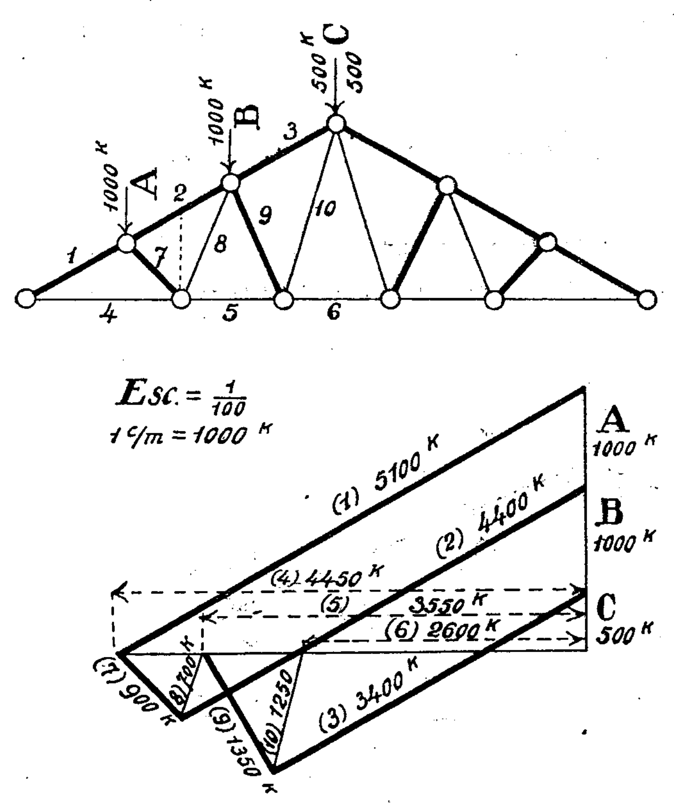
Las cerchas Polonceau presentan la ventaja de que las piezas comprimidas o bielas son más cortas que en otros sistemas y, por lo



Figs. 1826 y 1827.
Armadura *Polonceau* compuesta y diagrama de sus esfuerzos.

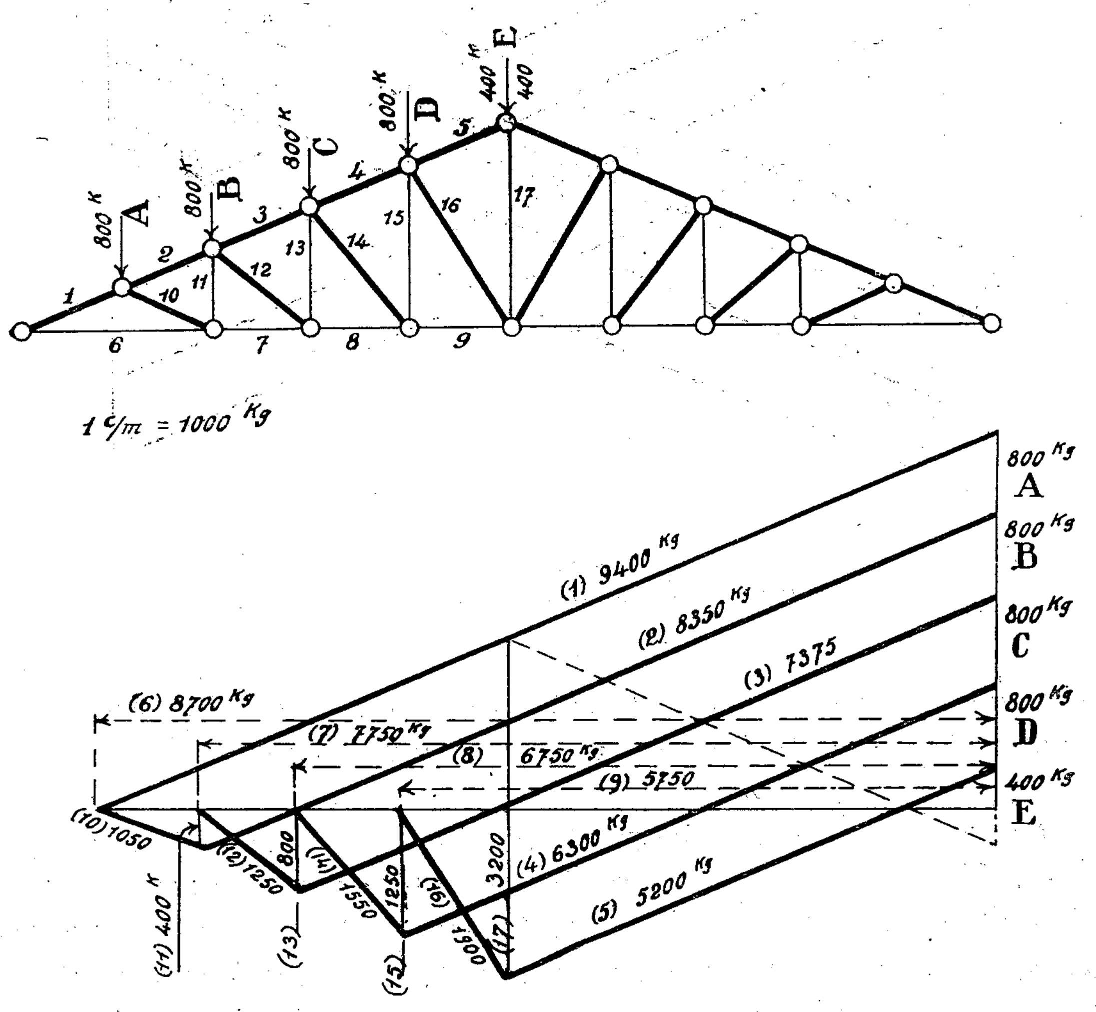
tanto, menos expuestas a la flexión lateral o pandeo. El ejemplo que damos en la figura 1826 es de seis tornapuntas o bielas.

Armaduras norteamericanas.—Son las empleadas más corrientemente. Un ejemplo de cuatro tornapuntas representan las figuras 1828 y 1829; las tornapuntas (comprimidas) y las diagonales (extendidas) se construyen generalmente con angulares de sección apropiada a los esfuerzos que indica el gráfico. El número de torna-



Figs. 1828 y 1829. — Armadura norteamericana y diagrama de sus esfuerzos.

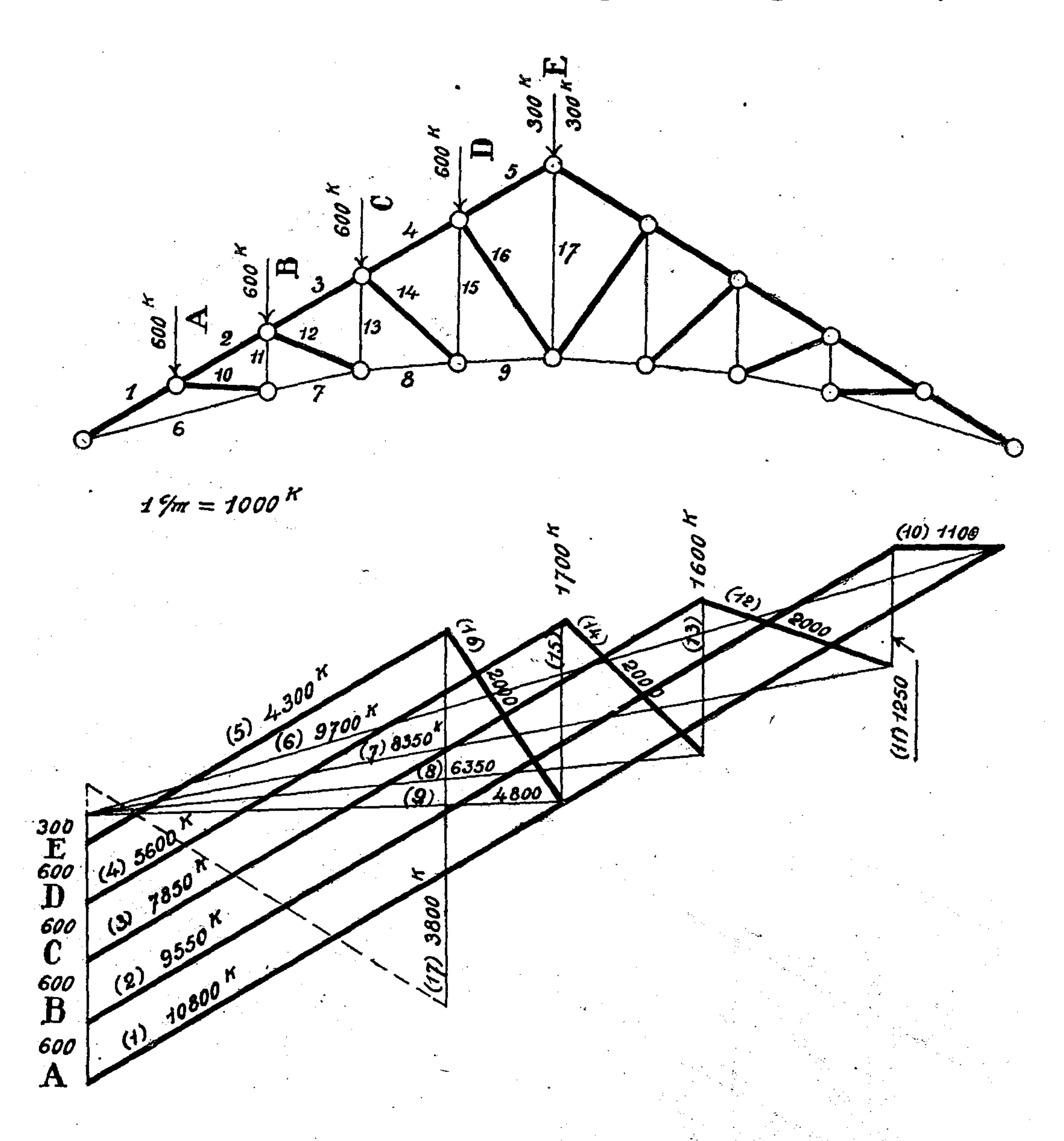
puntas que puede emplearse es indefinido, se necesita una para cada correa y es natural que son tanto más numerosas cuanto más grande es la luz. En las figuras 1830 y 1831 damos un ejemplo de cercha americana de ocho tornapuntas y tirante horizontal; como se ve en las figuras 1832 y 1833, el tirante puede ser quebrado o también poligonal. Pero, según manifiesta el simple examen comparativo de los gráficos 1831 y 1833, los esfuerzos en las barras son más considerables en el último—aunque las cargas en los nudos se suponen un 25 °/₀ más



Figs. 1830 y 1831.—Armadura norteamericana y diagrama de sus esfuerzos.

pequeñas, en el segundo caso—de modo que para cargas iguales, la diferencia sería aún mayor.

Armaduras inglesas.—Las figuras 1834 y 1835 representan una cercha inglesa y su gráfico de esfuerzos. En esta disposición se observará que los elementos comprimidos o montantes son más cortos que los extendidos o diagonales, lo que es una gran ventaja desde



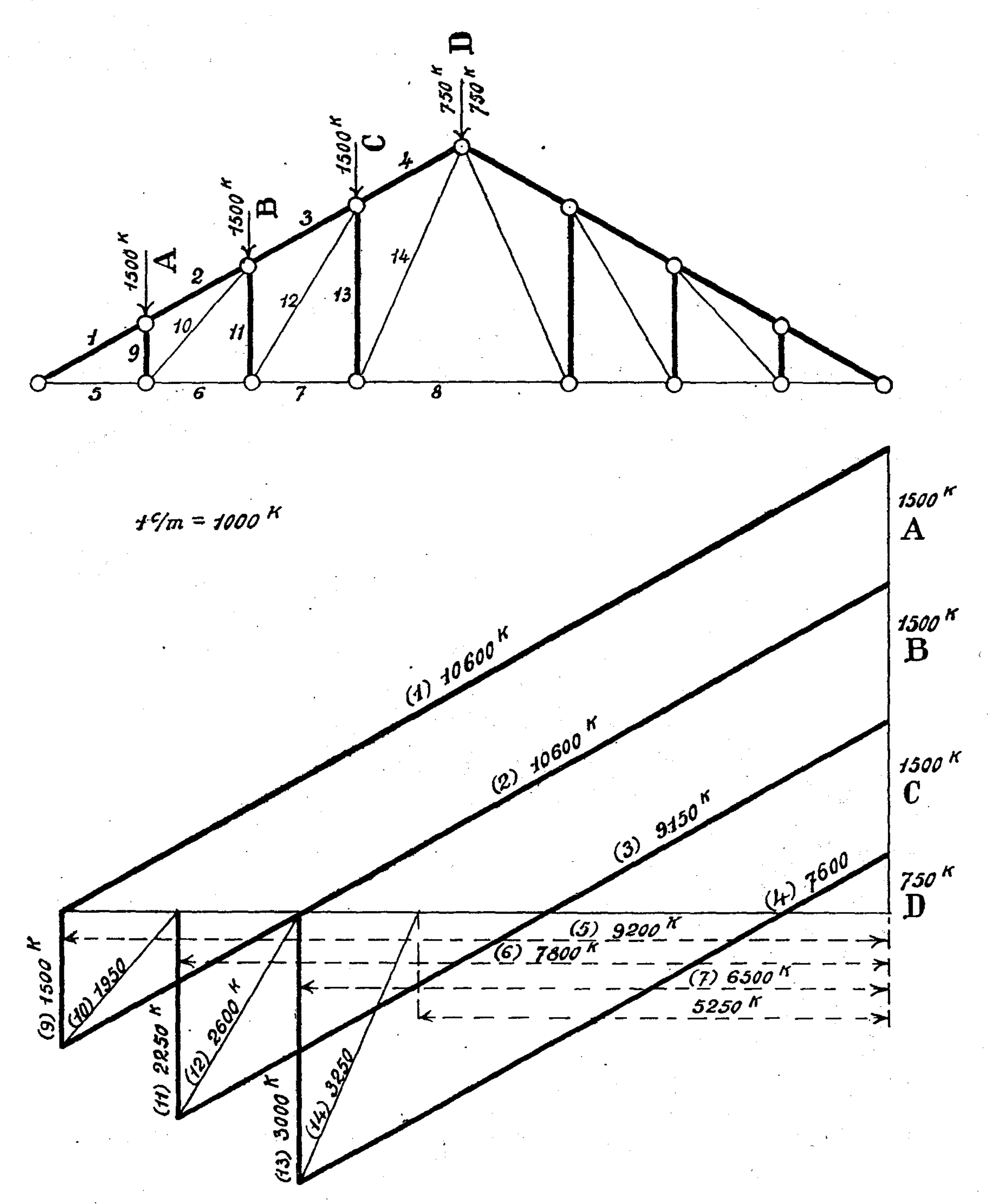
Figs. 1832 y 1833.
Armadura norteamericana con tirante poligonal y diagrama de sus esfuerzos.

el punto de vista del exceso de material que se necesita para evitar la flexión lateral o pandeo.

Armaduras belgas.—El tipo belga se caracteriza por tener las tornapuntas perpendiculares a los pares (figs. 1836 y 1837). La misma cercha, pero con tirante quebrado, está representada en las figuras 1838 y 1839; por último en las 1840 y 1841 se muestra una disposición donde las tornapuntas están dispuestas de manera que el

nudo sobre el tirante cae en la vertical que pasa por el punto medio de la distancia entre dos nudos del par.

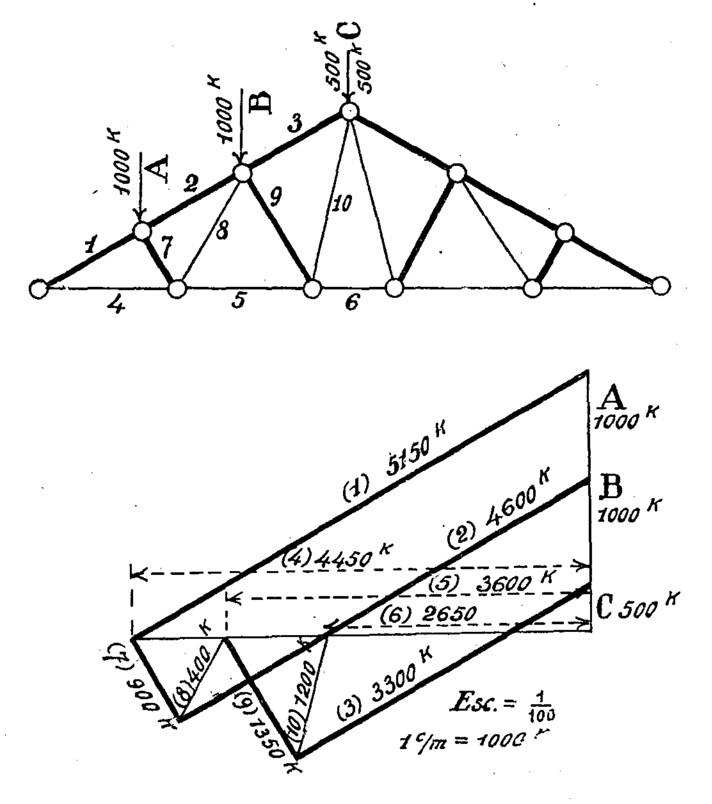
Armadura con manguetas en los apoyos, formando ático de tejado.—Las figuras 1842 y 1843 dan una disposición de cercha que



Figs. 1834 y 1835.—Armadura inglesa y diagrama de sus esfuerzos.

tiene la ventaja de no necesitar arriostramiento de los cuchillos entre sí; puesto que la altura de la cercha en los apoyos (que es nula en otros sistemas), contribuye a encuadrar el conjunto.

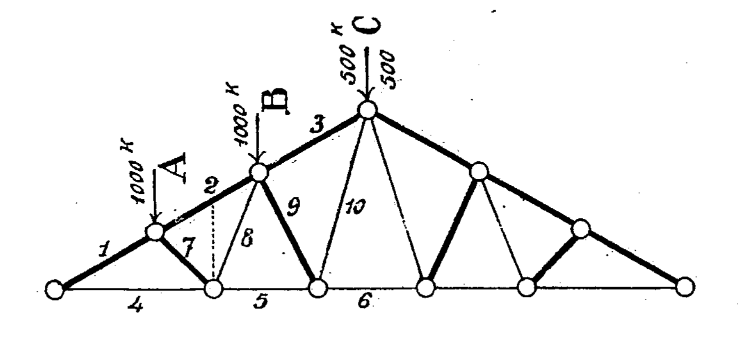
Se observará en el diagrama de la figura 1843 que hay diagonales extendidas y otras comprimidas, en vez de trabajar todas por extensión o todas por compresión tal como ocurre en otros sistemas.

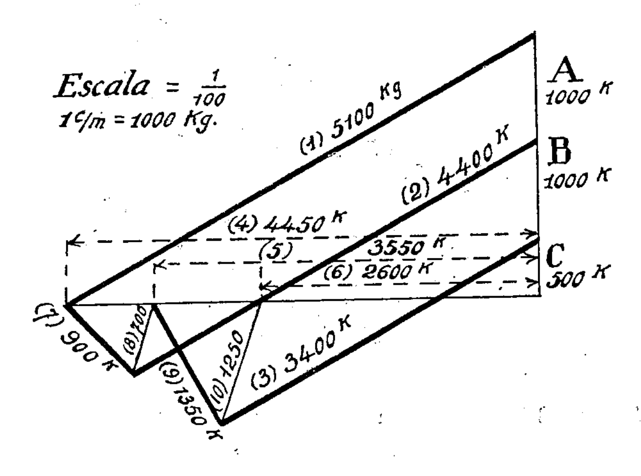


Figs. 1836 y 1837.—Armadura belga y diagrama de sus esfuerzos.

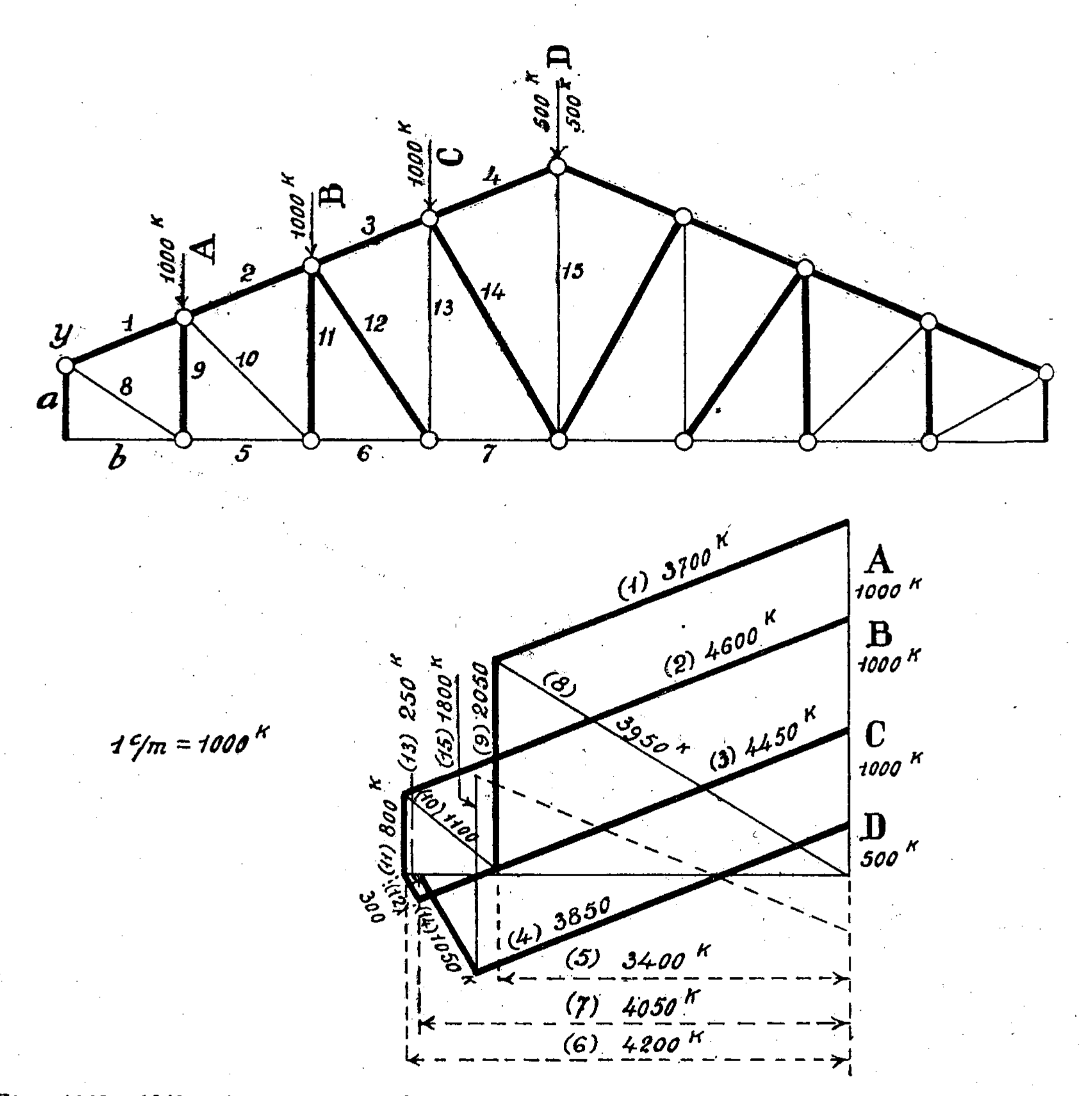
Esc. = 1/100   1 c/m = 1000 K

Figs. 1838 y 1839.—Armadura belga de tirante quebrado y diagrama de sus esfuerzos.



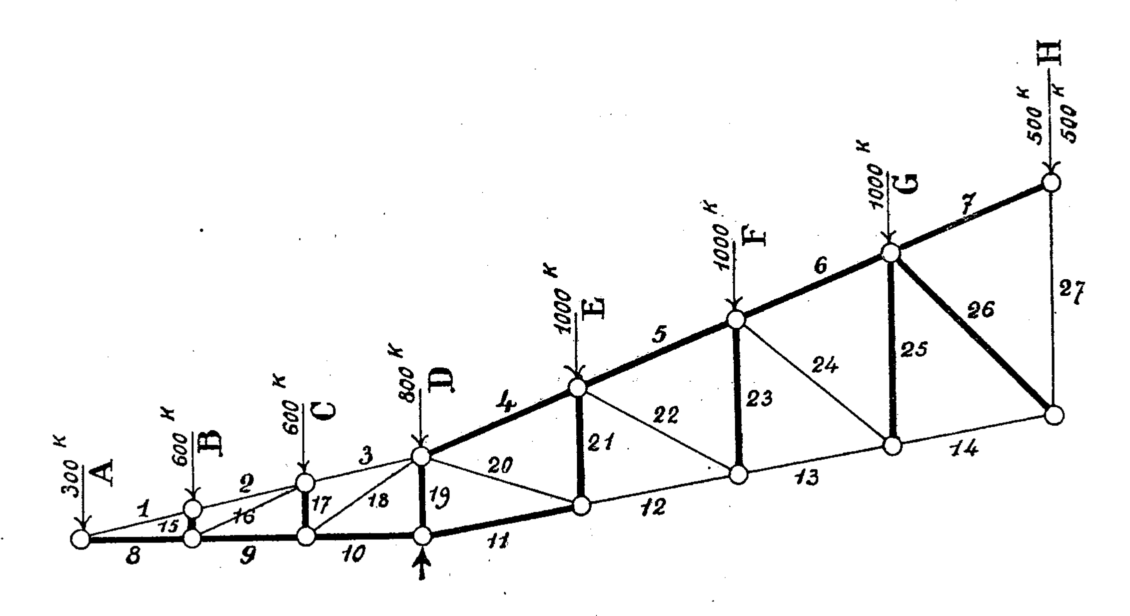


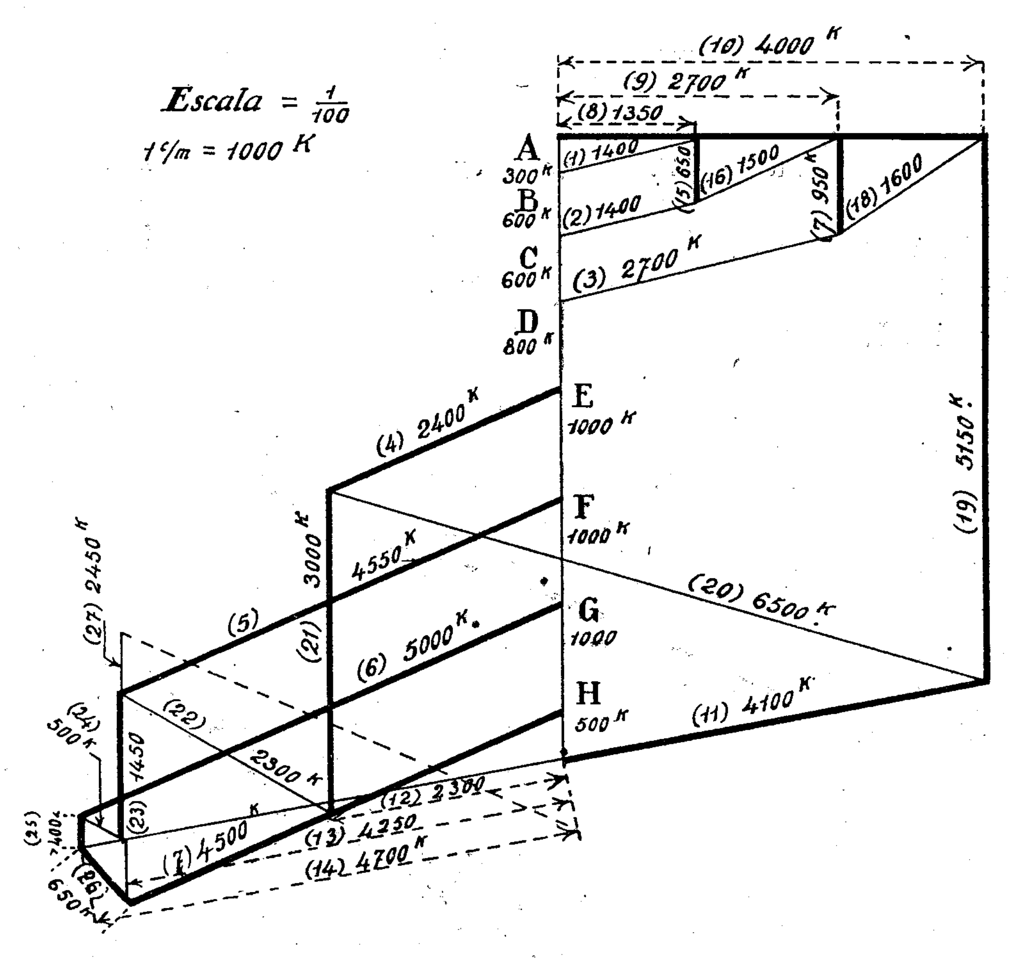
Figs. 1840 y 1841.
Armadura con nudos distribuídos uniformemente y diagrama de sus esfuerzos.



Figs. 1842 y 1843.—Armadura con manguetas en los apoyos y diagrama de sus esfuerzos.

Las piezas *a* y *b* (fig. 1842) no están comprendidas en el cálculo, ya que el punto de apoyo, en realidad, se halla en *y*.

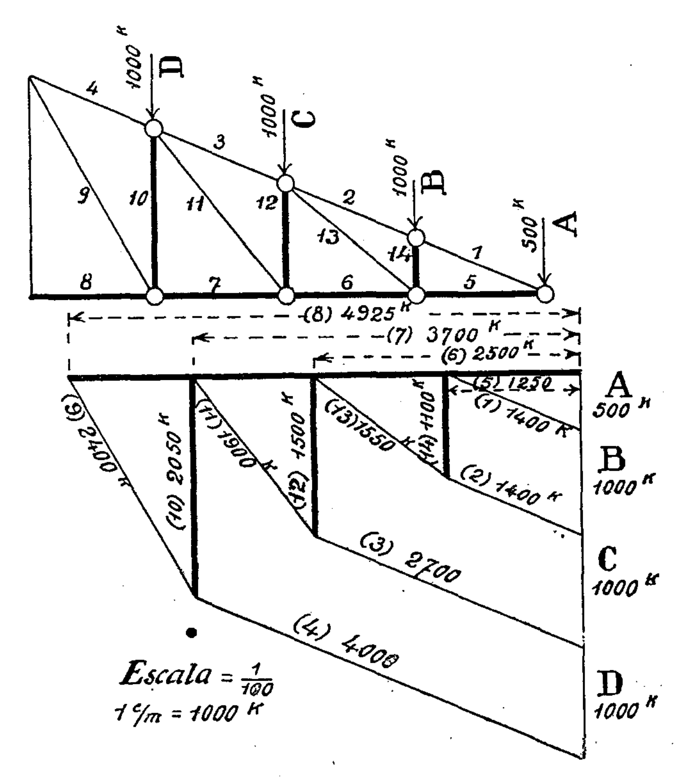




Figs. 1844 y 1845.
Armadura de cobertizo, con sobradillo, y diagrama de sus esfuerzos.

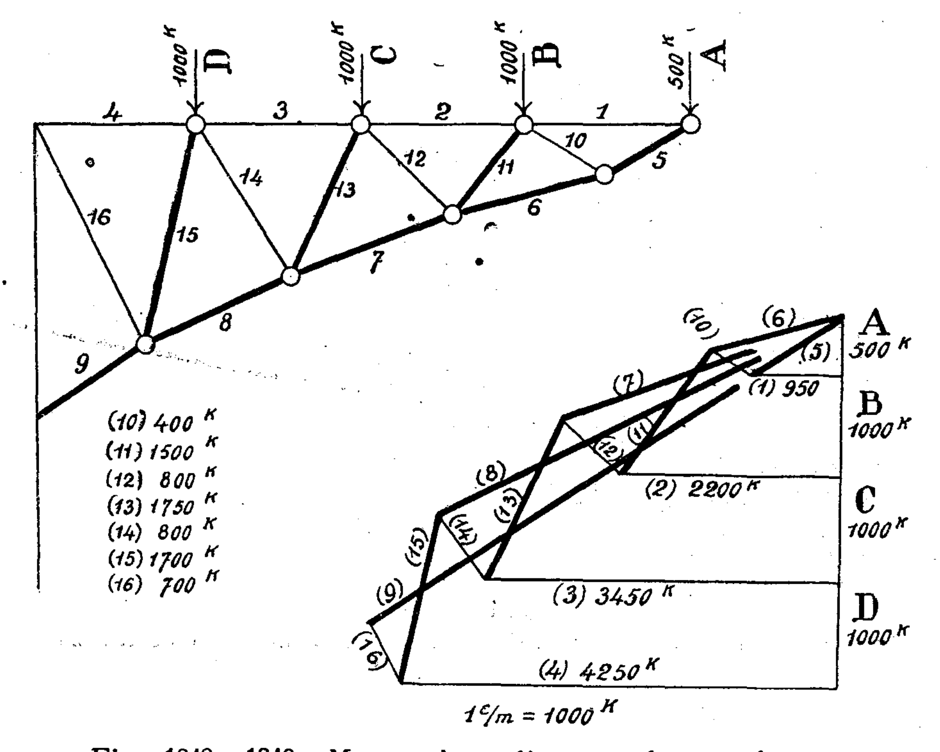
Marquesinas. — La figura 1844 representa media armadura, con sobradillo fuera del apoyo izquierdo (usada en tinglados); los elementos superiores de la cercha están comprimidos y los del sobradillo extendidos. El trazado del diagrama (fig. 1845) no tiene

dificultad especial. Tampoco la ofrece el caso de una marquesina simple a que se refieren las figuras 1846 y 1847. El tipo belga apli-



Figs. 1846 y 1847.—Marquesina y diagrama de sus esfuerzos.

cado a una marquesina se representa en las figuras 1848 y 1849. Si el cordón inferior es recto (fig. 1850) se obtiene el gráfico de la figura 1851.

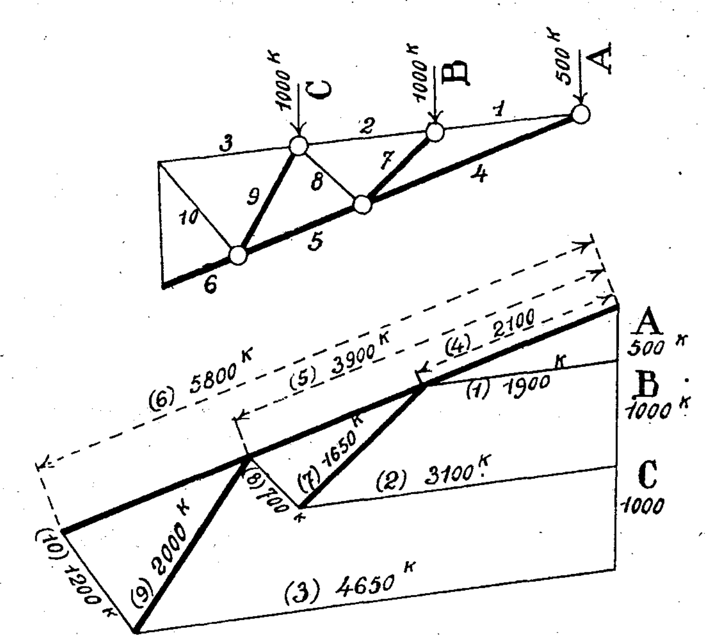


Figs. 1848 y 1849.—Marquesina y diagrama de sus esfuerzos.

Vigas Warren.—Los mismos procedimientos gráficos descritos para las armaduras de cubierta, se aplican al cálculo de las vigas

trianguladas. La figura 1852 representa una viga Warren con tablero superior, es decir, con las cargas aplicadas en los nudos del cordón o cabeza superior.

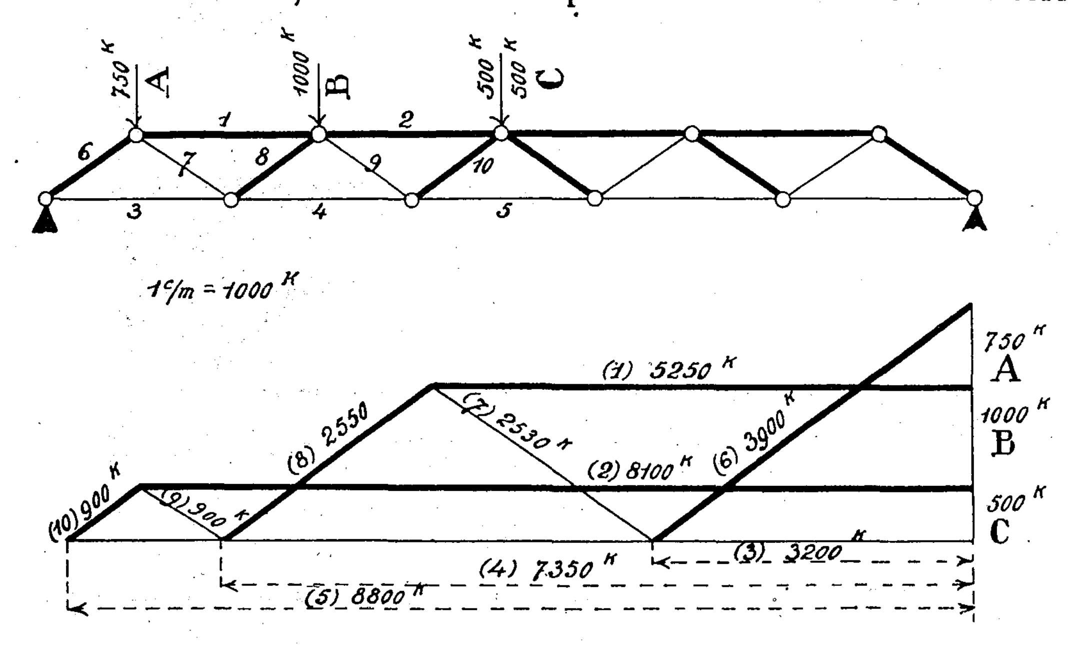
Las cargas se suponen siempre verticales, se toman sus valores



Figs. 1850 y 1851.—Marquesina y diagrama de sus esfuerzos.

a escala sobre la línea AB y se trazan paralelas a los elementos como en los gráficos precedentes.

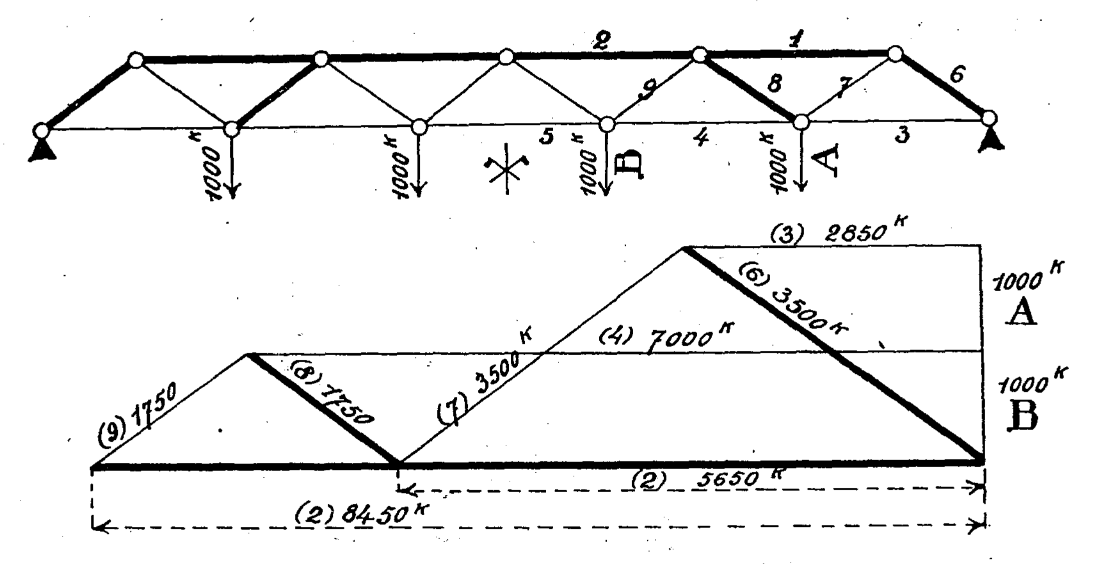
Si las cargas actuasen en la parte inferior (figs. 1854 y 1855), cambiaría el sentido del esfuerzo en las diagonales del centro, las cuales sufrirían extensión, en vez de compresión como en el caso anterior.



Figs. 1852 y 1853.—Viga *Warren*, de tablero superior, y diagrama de sus esfuerzos.

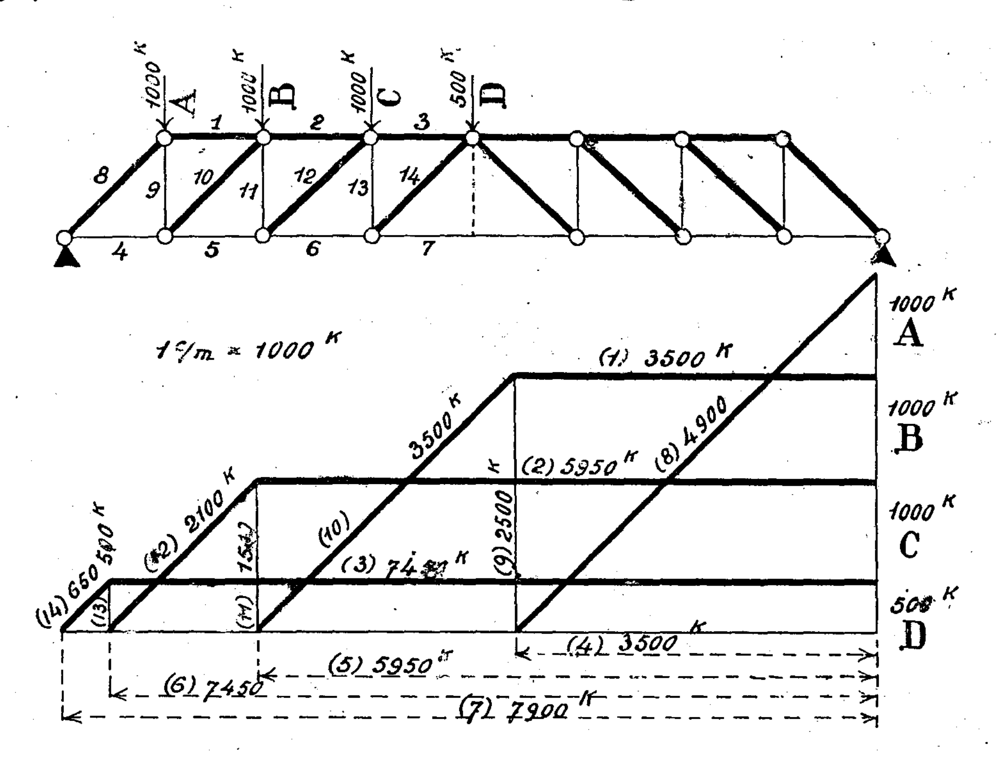
Vigas Howe.—La figura 1856 muestra una viga Howe, en la cual las cargas actúan en la parte superior y dan el gráfico de la figura 1857. Si se carga una viga del mismo sistema en la parte inferior (fig. 1858), se obtienen los esfuerzos indicados en la

figura 1859. Aquí hay que hacer una observación: en las vigas o jácenas trianguladas el trabajo de los elementos horizontales, superior e inferior, va creciendo desde los apoyos al centro. Lo inverso



Figs. 1854 y 1855.—Viga *Warren*, de tablero inferior, y diagrama de sus esfuerzos.

ocurre en las barras de la celosía, pues resultan más fatigadas las cercanas a los puntos de apoyo que las situadas en el centro de la viga; todo esto se ve claramente en los gráficos.

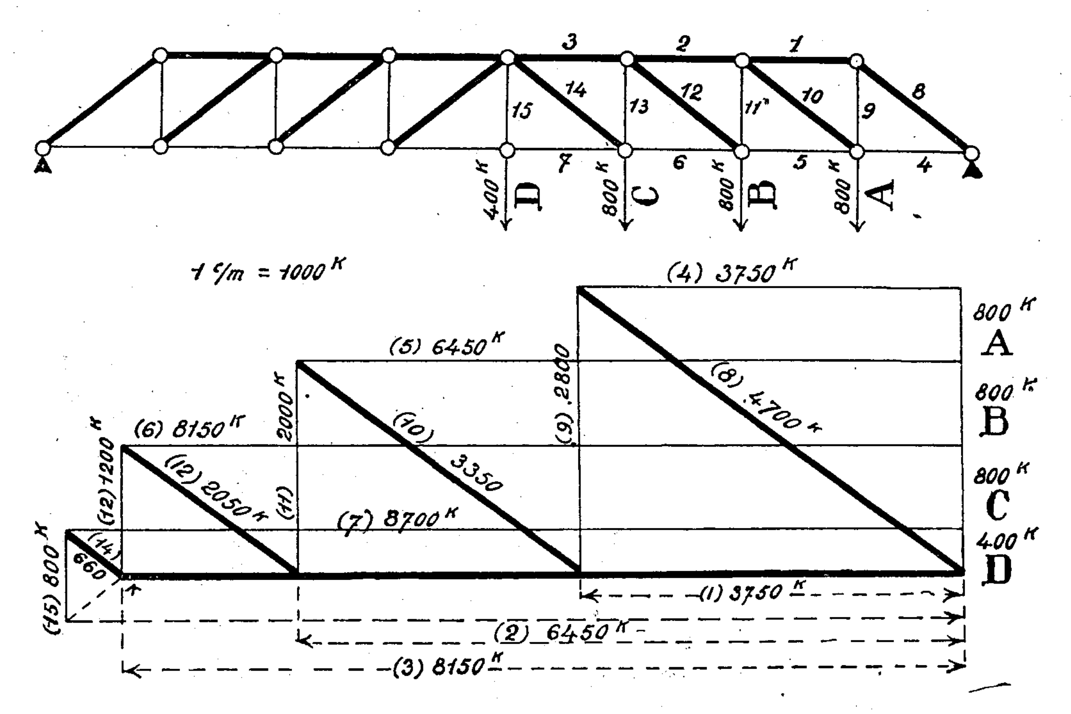


Figs. 1856 y 1857.—Viga *Howe*, de tablero superior, y diagrama de sus esfuerzos.

Arcos.—Se puede, conociendo el peso de la cubierta y las sobrecargas, obtener por un trazado gráfico los diferentes esfuerzos para fijar las secciones de los elementos.

Tomemos, por ejemplo, un arco rebajado (fig. 1860) que pase por los puntos A, B, C y subtendido por el tirante AC. Por el punto A

se traza una vertical AD, sobre la cual se toma—a una escala cualquiera — la reacción de la semicercha, que vale $p \times a$ si p es el



Figs. 1858 y 1859.—Viga *Howe*, de tablero inferior, y diagrama de sus esfuerzos.

peso por metro lineal que soporta la cercha y $2a$ su luz. Por el punto D se traza una perpendicular DE sobre AD; por el punto F, centro de la semicuerda AH, se traza una línea que vaya al vértice B y por

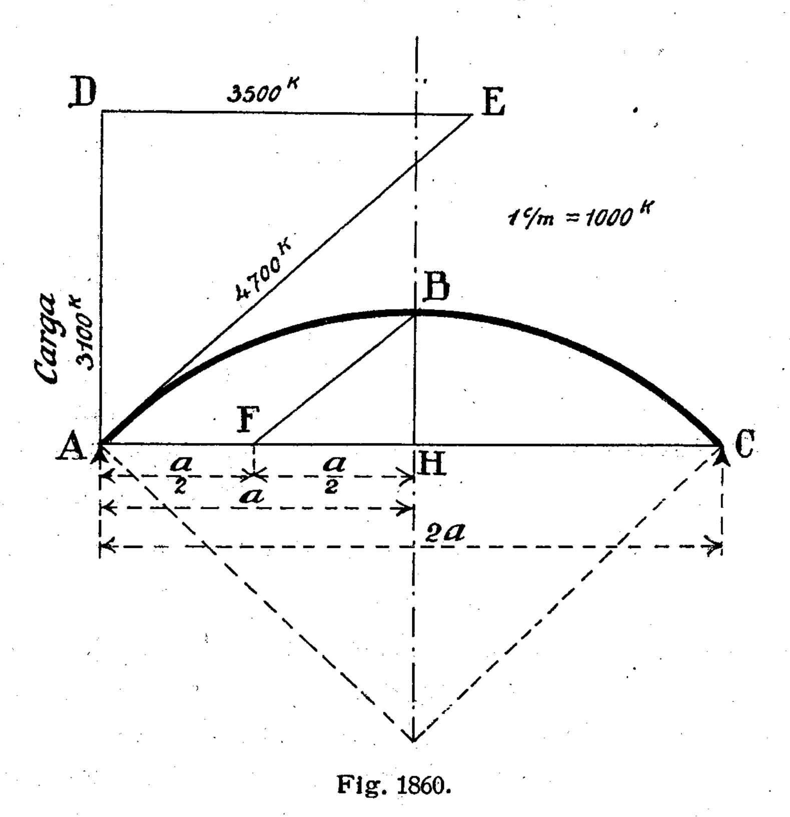
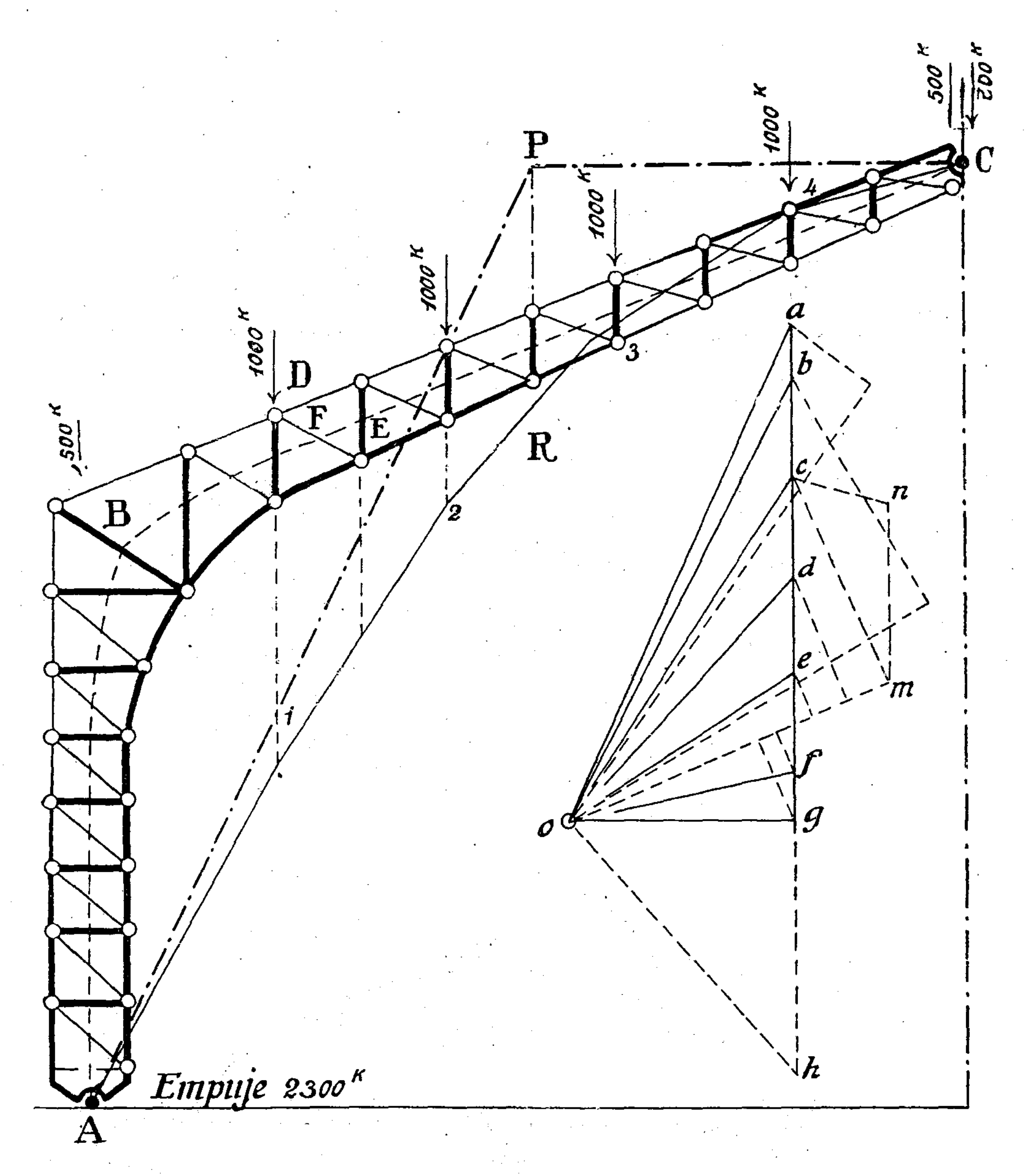


Fig. 1860.

el punto A una paralela a FB hasta su encuentro con la línea DE. La longitud DE representa, en la escala adoptada, el valor del empuje horizontal del arco, es decir, la tensión del tirante que habría que

oponerle si desaparecieran los estribos. La longitud AE representa el valor del esfuerzo que, en el punto A, tiende a comprimir el arco en los arranques, es decir, la resultante de la reacción vertical y del empuje horizontal.

ARCO DE TRES ARTICULACIONES. — La figura 1861 representa un arco (media cercha nada más, para reducir el tamaño del dibujo) con tres articulaciones (una en la clave y dos en los arranques).



Figs. 1861 y 1862.—Arco *Dion*, de tres articulaciones, y diagrama de sus esfuerzos.

Las cargas que actúan sobre este arco se transmiten a los nudos de la armadura por el intermedio de las correas; la intensidad y posición de las mismas están indicadas en la figura. Tracemos la fibra media ABC del arco y supongamos la cercha reducida a esta línea; el error que con ello se comete es pequeño, pues las dimensiones transversales del arco son relativamente pequeñas con respecto a la luz. Busquemos el punto de aplicación de la resultante de las cargas, para lo cual se recurrirá a un polígono funicular provisional

(tal como se ha explicado al tratar de las figuras 1820 y 1821), aunque en el caso que nos ocupa—siendo la carga uniformemente repartida—(como demuestra el examen de la figura), es claro que dicha resultante *PR* debe estar en el centro de la semiluz. Por el centro de la articulación *C*, se trazará la horizontal *CP* hasta encontrar a *PR* y luego se unirá *A* con *P*; *AP* y *PC* son, en el caso de cargas simétricas, las tangentes extremas del polígono funicular que debe pasar forzosamente—para que haya equilibrio—por *A*, por *C* y por la otra articulación.

Sobre una vertical cualquiera *ag* (fig. 1862) se llevan, a una escala cualquiera elegida arbitrariamente, longitudes *ab*, *bc*, *cd*, etc., que representan la magnitud de las cargas que actúan sobre la cercha a partir del apoyo hasta la rótula central. Tracemos la horizontal *go* (paralela a *CP*), después la línea *ao* paralela a *PA*; la distancia *og* representará, en la escala de fuerzas adoptada, el empuje del arco; así, en el ejemplo elegido, este empuje es igual a 2300 kilogramos.

El polígono funicular trazado con esta distancia polar cumple la condición, requerida antes, de pasar por las tres articulaciones; unamos, pues, el punto *o* con los *a*, *b*, *c*, *d*, *e*... después trácese por *A* una paralela a *ob* hasta encontrar en *1* a la prolongación de la carga del nudo *D*; luego, por *1* una paralela a *oc* hasta *2*, y así sucesivamente; si el trazado está bien hecho, el lado *4C* del polígono funicular (paralelo a *of*) pasará necesariamente por *C*. Los momentos flectores se miden en cada punto por las longitudes de ordenadas comprendidas entre la fibra media *ABC* y el polígono funicular *A-1-2-3-4-C*; si el plano de la cercha está hecho a escala del $^1/_{100}$ y el empuje o distancia polar es de 2300 Kg, la escala de los momentos será $100 \times 2300 = 230000$; es decir, que un milímetro de ordenada representará un momento flector de 230 kilogramos-metros.

Para calcular las tensiones en las barras *D*, *E*, *F*, *G*, de uno de los recuadros del par, procederemos como sigue: el momento flector en la sección *D* vale $30 \times 230 = 6900$ Kg-m; en este punto el espesor del par es de 0,80 m, de modo que estimaremos en 0,65 m la distancia entre los centros de gravedad de los cordones superior e inferior, y los esfuerzos de tracción y de compresión resultantes de este momento flector valdrán $\frac{6900}{0,65} = 10160$ Kg. Para encontrar la compresión del arco en este trozo, tracemos por el punto *o* una línea *om* paralela a la dirección de la fibra media en dicha porción del arco, después por el punto *c* (la distancia *gc* contiene todas las cargas que se encuentran a la derecha de *D*) tracemos la perpendicular *cm*; la longitud *om* (medida a la escala de fuerzas) representa la compresión buscada, o sean 3400 Kg; en este caso tendremos,

pues, en definitiva: en el cordón superior o de trasdós una tracción $D = 10160 - 3400 = 6760$ Kg, y en la parte inferior o de intradós una compresión $H = 10160 + 3400 = 13560$ Kg.

La longitud *cm* representa el esfuerzo cortante, perpendicular a la fibra media en la sección estudiada; si por los extremos de *cm* trazamos luego *cn* paralela a la diagonal *F* y *mn* paralela al montante, encontramos así para la barra *F* una tracción de 1000 Kg y para el montante una compresión de 1750 Kg.

Será fácil construir una tabla que indique para todas las partes de la cercha los esfuerzos de tracción o de compresión que sufren las barras y, por consiguiente, deducir inmediatamente de ellos las secciones necesarias.

En la columna o estribo del arco, el momento flector tiene un valor máximo en *B* y nulo en *A*, midiéndose tal como hemos explicado para el arco propiamente dicho. La compresión es constante en toda la altura e igual a la carga total soportada por la semicercha; por último, el esfuerzo cortante es también constante e igual al empuje del arco; así, en el ejemplo elegido, los travesaños horizontales están comprimidos con un esfuerzo igual al empuje *og*, que es de 2300 Kg, las diagonales están extendidas y la magnitud de la tracción viene medida por *oh*, paralela a la dirección de estas riostras, y vale 3300 Kg.

Vemos así que, además de la carga vertical que debe soportar sin flexarse lateralmente, el pilar está sometido a un esfuerzo de flexión normal y a otro cortante situado en su extremidad e igual al empuje del arco.

En las construcciones importantes es conveniente calcular, exactamente, el trabajo del metal en las barras comprimidas. En las armaduras ordinarias bastarán, para los montantes comprimidos, las relaciones empíricas que hemos dado anteriormente (pág. 718); además, para los elementos comprimidos del intradós, que a menudo son curvos, tomaremos un coeficiente de seguridad un poco inferior al admitido para la resistencia a la tracción.

Lo mismo que para las vigas de cierta importancia, construiremos el arco por medio de palastros y cantoneras; las cantoneras serán las mismas en toda la longitud del arco; las variaciones de sección se obtienen, cuando tienen lugar, por medio de una o más platabandas o tablas. La compresión en los elementos del intradós es mayor que la tracción en el trasdós, de modo que la sección del arco será, a menudo, disimétrica.

ARCO DE DOS ARTICULACIONES.—Consideremos una cercha Dion (figura 1863) cargada con un peso uniformemente repartido sobre el par, sin rótula en la clave, pero articulada en los arranques. Siendo el arco de sección variable, su cálculo exacto sería demasiado largo, pero se puede llegar a hacerlo de un modo muy aproximado, para el

caso de una carga uniforme, empleando la fórmula siguiente debida a Levy. Designando por

- n la ordenada, por encima de AD, del punto desconocido J en que el polígono funicular encuentra a la fibra media del arco,
- H la altura CD de la fibra media en la clave,
- h la altura AB del estribo,
- a el espesor del arco medido en el centro de la luz,
- b el espesor del estribo,
- l la semiluz AD de la cercha *medido todo en milímetros sobre el dibujo,* tendremos:

$$n = \sqrt{\frac{H^2 + h^2\left(1 - \frac{a(H-h)}{bl}\right)}{2}}$$

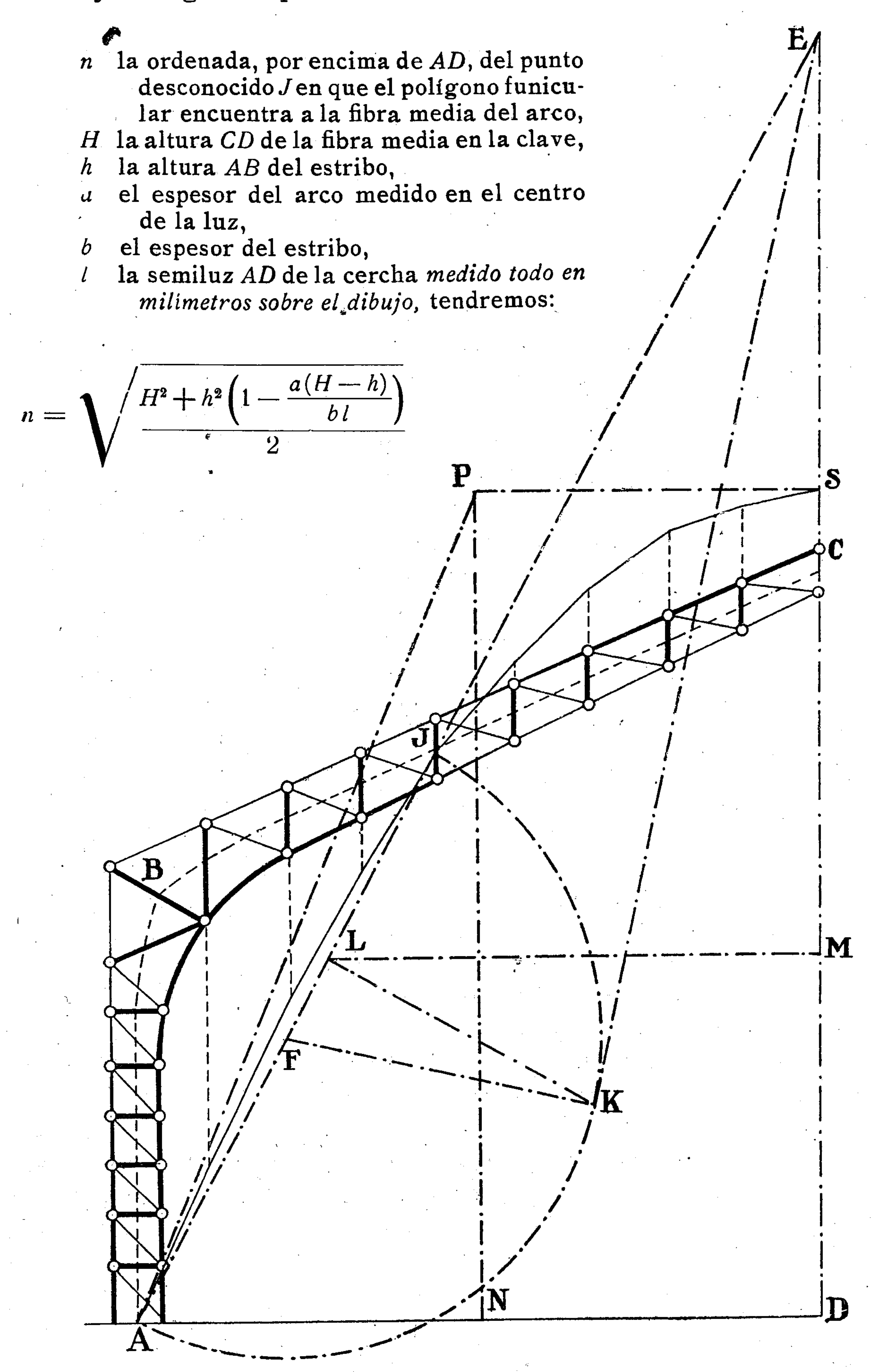


Fig. 1863.—Arco *Dion* articulado en los arranques, pero no en la clave.

De este modo se obtiene el punto J que pertenece al polígono funicular (si la carga es uniforme, el polígono se transforma en parábola).

Unamos los puntos A y J por una recta que, prolongada, corta la vertical de la clave en el punto E. Sobre AJ, como diámetro, construyamos una circunferencia a la cual trazaremos por el punto E una tangente EK; tracemos KL perpendicular al diámetro AJ, después LM perpendicular al eje ED; el centro S de la longitud EM será el vértice de la parábola.

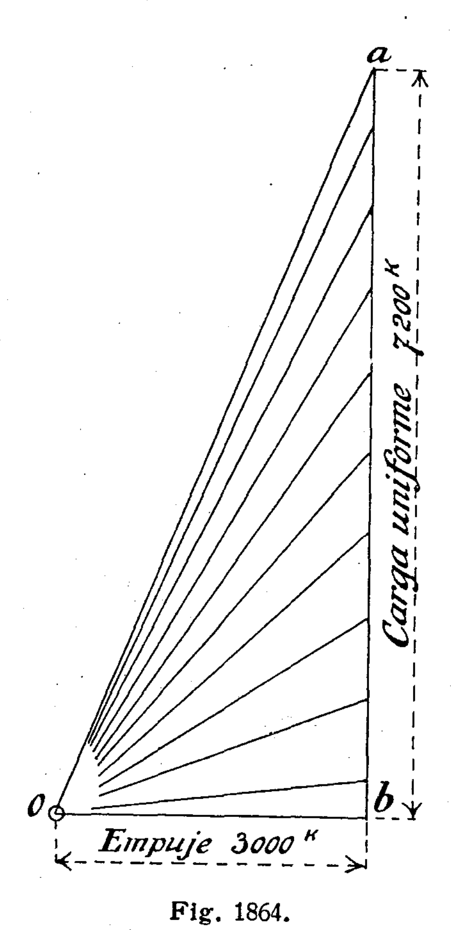


Fig. 1864.

Siendo la carga uniformemente repartida, la resultante pasa por el punto N, centro de AD; tracemos, pues, la vertical NP hasta su encuentro con la horizontal que pasa por el vértice S; las líneas PA y PS son las tangentes extremas de la curva funicular que, además, debe pasar por A, de modo que puede trazarse ya fácilmente.

Para ello, supongamos que en cada nudo del cordón superior (equidistantes todos entre sí) actúa una carga igual a 800 Kg, menos en el nudo extremo y en la clave, donde sólo obran 400 Kg; la carga total uniformemente repartida es así de 7200 Kg. Sobre una vertical cualquiera ab (fig. 1864) tomemos, a la escala elegida, todas estas cargas parciales; tracemos la horizontal bo y después la línea ao paralela a PA. La distancia polar ob representa en la escala de fuerzas el empuje del arco y, en el ejemplo considerado, resulta igual a 3000 kilogramos.

Trazaremos el polígono o curva funicular partiendo del punto A tal como hemos explicado para el arco de tres articulaciones, es decir, por medio de paralelas a los rayos polares de la figura 1864; si el trazado se ha hecho con cuidado, el polígono debe pasar por los puntos J y S.

El momento flector, la compresión y el esfuerzo cortante se determinarán tal como se ha explicado para el arco de tres articulaciones.

CAPÍTULO XVIII

Tablas y datos diversos

Tablas numéricas.—I: cuadrado, cubo, raíces cuadrada y cúbica, valor recíproco, logaritmo vulgar o decimal, circunferencia y círculo para $n = 1$ a 1000.—II: líneas trigonométricas naturales.—III: longitud del arco, flecha, cuerda y área del segmento en un círculo de radio unidad.—IV: raíces cuadrada, cúbica, cuarta y quinta de algunas fracciones.

Tablas de constantes físicas diversas.—V: coeficientes de rozamiento por deslizamiento.—VI: presiones que ejerce el viento a distintas velocidades.—VII: temperatura de fusión de diversas substancias.—VIII: temperaturas que corresponden a diferentes matices luminosos de los cuerpos.—IX: poder conductor del calor de algunos metales.—X: dilatación lineal de diversas substancias para una elevación de temperatura de 0° a 100°.—XI: peso específico de diversas substancias.

Tablas de peso y dimensiones de elementos diversos.—XII: peso propio de diferentes suelos y tabiques.—XIII: peso propio de un metro cuadrado de varias fábricas, según su espesor.—XIV: carga total que se puede admitir, por metro cuadrado de suelo, en los principales casos de la práctica.—XV: peso de los alambres de hierro y de acero.—XVI: peso lineal de los hierros planos.—XVII: peso de las chapas de diversos metales y aleaciones.—XVIII: peso lineal de los hierros cuadrados y redondos.—XIX: dimensiones y peso de las chapas estriadas.—XX: dimensiones y peso de las chapas galvanizadas lisas.—XXI: dimensiones y peso de las chapas galvanizadas onduladas.—XXII: peso lineal de los hierros para vidrieras.—XXIII: dimensiones de contadores de agua.—XXIV: peso de los tubos y otros accesorios de fundición para canalizaciones de aguas negras y caseras.—XXV: peso de los tubos de fundición para conducciones de agua.—XXVI: bastidores y tapas de fundición para registros.—XXVII: peso lineal de los tubos de hierro dulce, de plomo y de cobre.—XXVIII: peso lineal de los tubos de gres vidriado para canalizaciones.—XXIX: peso lineal de los tubos de hierro laminado.—XXX: peso de toneles de palastro galvanizado.—XXXI: peso de depósitos cilíndricos para agua.—XXXII: peso de depósitos rectangulares para agua.—XXXIII: peso de chimeneas de palastro.

Datos sobre construcciones diversas.—Almacenes.—Cocheras.—Cobertizos para bicicletas.—Graneros.—Gallineros.—Conejeras.—Criaderos de gusanos de seda.—Apriscos.—Porquerizas.—Boyeras.—Caballerizas.—Pozos: cantidad de agua necesaria; elevación del agua.

TABLAS NUMÉRICAS

Las siguientes tablas numéricas facilitan muchísimo los cálculos que principalmente puede tener que realizar el constructor, verbigracia: determinación de momentos de inercia y de momentos resistentes, cálculo de la sección transversal de un elemento cualquiera o de su coeficiente de trabajo, etc.

Cuando no se encuentre en dichas tablas un valor (por ejemplo, en la tabla II, el seno de 23° 15′) bastará interpolar entre los valores superior e inferior correspondientes (entre 23° 20′ y 23° 10′); aunque ello no sea rigurosamente exacto a veces, es suficiente en la práctica

TABLA I.

Cuadrado, cubo, raíces cuadrada y cúbica, valor recíproco, logaritmo vulgar ó decimal, circunferencia y círculo para $n = 1$ a 1000.

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$1000.\frac{1}{n}$	$\log n$	πn	$\frac{1}{4}\pi n^2$
0	0	0	0,0000	0,0000	∞	— ∞	0,000	0,0000
1	1	1	1,0000	1,0000	1000,000	0,0000	3,142	0,7854
2	4	8	1,4142	1,2599	500,000	0,3010	6,283	3,1416
3	9	27	1,7321	1,4422	333,333	0,4771	9,425	7,0686
4	16	64	2,0000	1,5874	250,000	0,6021	12,57	12,566
5	25	125	2,2361	1,7100	200,000	0,6990	15,71	19,635
6	36	216	2,4495	1,8171	166,667	0,7782	18,85	28,274
7	49	343	2,6458	1,9129	142,857	0,8451	21,99	38,484
8	64	512	2,8284	2,0000	125,000	0,9031	25,13	50,265
9	81	729	3,0000	2,0801	111,111	0,9542	28,27	63,617
10	100	1000	3,1623	2,1544	100,000	1,0000	31,42	78,540
11	121	1331	3,3166	2,2240	90,9091	1,0414	34,56	95,033
12	144	1728	3,4641	2,2894	83,3333	1,0792	37,70	113,10
13	169	2197	3,6056	2,3513	76,9231	1,1139	40,84	132,73
14	196	2744	3,7417	2,4101	71,4286	1,1461	43,98	153,94
15	225	3375	3,8730	2,4662	66,6667	1,1761	47,12	176,71
16	256	4096	4,0000	2,5198	62,5000	1,2041	50,27	201,06
17	289	4913	4,1231	2,5713	58,8235	1,2304	53,41	226,98
18	324	5832	4,2426	2,6207	55,5556	1,2553	56,55	254,47
19	361	6859	4,3589	2,6684	52,6316	1,2788	59,69	283,53
20	400	8000	4,4721	2,7144	50,0000	1,3010	62,83	314,16
21	441	9261	4,5826	2,7589	47,6190	1,3222	65,97	346,36
22	484	10648	4,6904	2,8020	45,4545	1,3424	69,12	380,13
23	529	12167	4,7958	2,8439	43,4783	1,3617	72,26	415,48
24	576	13824	4,8990	2,8845	41,6667	1,3802	75,40	452 39
25	625	15625	5,0000	2,9240	40,0000	1,3979	78,54	490,87
26	676	17576	5,0990	2,9625	38,4615	1,4150	81,68	530,93
27	729	19683	5,1962	3.0000	37,0370	1,4314	84,82	572,56
28	784	21952	5,2915	3,0366	35,7143	1,4472	87,96	615,75
29	841	24389	5,3852	3,0723	34,4828	1,4624	91,11	660,52
30	900	27000	5,4772	3,1072	33,3333	1,4771	94,25	706,86
31	961	29791	5,5678	3,1414	32,2581	1,4914	97,39	754,77
32	1024	32768	5,6569	3,1748	31,2500	1,5051	100,5	804,25
33	1089	35937	5,7446	3,2075	30,3030	1,5185	103,7	855,30
34	1156	39304	5,8310	3,2396	29,4118	1,5315	106,8	907,92
35	1225	42875	5,9161	3,2711	28,5714	1,5441	110,0	962,11
36	1296	46656	6,0000	3,3019	27,7778	1,5563	113,1	1017,9
37	1369	50653	6,0828	3,3322	27,0270	1,5682	116,2	1075,2
38	1444	54872	6,1644	3,3620	26,3158	1,5798	119,4	1134,1
39	1521	59319	6,2450	3,3912	25,6410	1,5911	122.5	1194,6
40	1600	64000	6,3246	3,4200	25,0000	1,6021	125,7	1256,6
41	1681	68921	6,4031	3,4482	24,3902	1,6128	128,8	1320,3
42	1764	74088	6,4807	3,4760	23,8095	1,6232	131,9	1385,4
43	1849	79507	6,5574	3,5034	23,2558	1,6335	135,1	1452,2
44	1936	85184	6.6332	3,5303	22,7273	1,6435	138,2	1520,5
45	2025	91125	6,7082	3,5569	22,2222	1,6532	141,4	1590,4
46	2116	97336	6,7823	3,5830	21,7391	1,6628	144,5	1661,9
47	2209	103823	6,8557	3,6088	21,2766	1,6721	147,7	1734,9
48	2304	110592	6.9282	3,6342	20,8333	1,6812	150,8	1809,6
49	2401	117649	7,0000	3,6593	20,4082	1,6902	153,9	1885,7
50	2500	125000	7,0711	3,6840	20,0000	1,6990	157,1	1963,5

TABLA I *(continuación).*

Cuadrado, cubo, raíces cuadrada y cúbica, valor recíproco, logaritmo vulgar o decimal, circunferencia y círculo para $n = 1$ a 1000.

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$1000.\frac{1}{n}$	$\log n$	πn	$\frac{1}{4}\pi n^2$
51	2601	132651	7,1414	3,7084	19,6078	1,7076	160,2	2042,8
52	2704	140608	7,2111	3,7325	19,2308	1,7160	163,4	2123,7
53	2809	148877	7,2801	3,7563	18,8679	1,7243	166,5	2206,2
54	2916	157464	7,3485	3,7798	18,5185	1,7324	169,6	2290,2
55	3025	166375	7,4162	3,8030	18,1818	1,7404	172,8	2375,8
56	3136	175616	7,4833	3,8259	17,8571	1,7482	175,9	2463,0
57	3249	185193	7,5498	3,8485	17,5439	1,7559	179,1	2551,8
58	3364	195112	7,6158	3,8709	17,2414	1,7634	182,2	2642,1
59	3481	205379	7,6811	3,8930	16,9492	1,7709	185,4	2734,0
60	3600	216000	7,7460	3,9149	16,6667	1,7782	188,5	2827,4
61	3721	226981	7,8102	3,9365	16,3934	1,7853	191,6	2922,5
62	3844	238328	7,8740	3,9579	16,1290	1,7924	194,8	3019,1
63	3969	250047	7,9373	3,9791	15,8730	1,7993	197,9	3117,2
64	4096	262144	8,0000	4,0000	15,6250	1,8062	201,1	3217,0
65	4225	274625	8,0623	4,0207	15,3846	1,8129	204,2	3318,3
66	4356	287496	8,1240	4,0412	15,1515	1,8195	207,3	3421,2
67	4489	300763	8,1854	4,0615	14,9254	1,8261	210,5	3525,7
68	4624	314432	8,2462	4,0817	14,7059	1,8325	213,6	3631,7
69	4761	328509	8,3066	4,1016	14,4928	1,8388	216,8	3739,3
70	4900	343000	8,3666	4,1213	14,2857	1,8451	219,9	3848,5
71	5041	357911	8,4261	4,1408	14,0845	1,8513	223,1	3959,2
72	5184	373248	8,4853	4,1602	13,8889	1,8573	226,2	4071,5
73	5329	389017	8,5440	4,1793	13,6986	1,8633	229,3	4185,4
74	5476	405224	8,6023	4,1983	13,5135	1,8692	232,5	4300,8
75	5625	421875	8,6603	4,2172	13,3333	1,8751	235,6	4417,9
76	5776	438976	8,7178	4,2358	13,1579	1,8808	238,8	4536,5
77	5929	456533	8,7750	4,2543	12,9870	1,8865	241,9	4656,6
78	6084	474552	8,8318	4,2727	12,8205	1,8921	245,0	4778,4
79	6241	493039	8,8882	4,2908	12,6582	1,8976	248,2	4901,7
80	6400	512000	8,9443	4,3089	12,5000	1,9031	251,3	5026,5
81	6561	531441	9,0000	4,3267	12,3457	1,9085	254,5	5153,0
82	6724	551368	9,0554	4,3445	12,1951	1,9138	257,6	5281,0
83	6889	571787	9,1104	4,3621	12,0482	1,9191	260,8	5410,6
84	7056	592704	9,1652	4,3795	11,9048	1,9243	263.9	5541,8
85	7225	614125	9,2195	4,3968	11,7647	1,9294	267,0	5674,5
86	7396	636056	9,2736	4,4140	11,6279	1,9345	270,2	5808,8
87	7569	658503	9,3274	4,4310	11,4943	1,9395	273,3	5944,7
88	7744	681472	9,3808	4,4480	11,3636	1,9445	276,5	6082,1
89	7921	704969	9,4340	4,4647	11,2360	1,9494	279,6	6221,1
90	8100	729000	9,4868	4,4814	11,1111	1,9542	282,7	6361,7
91	8281	753571	9,5394	4,4979	10,9890	1,9590	285,9	6503,9
92	8464	778688	9,5917	4,5144	10,8696	1,9638	289,0	6647,6
93	8649	804357	9,6437	4,5307	10,7527	1,9685	292,2	6792,9
94	8836	830584	9,6954	4,5468	10,6383	1,9731	295,3	6939,8
95	9025	857375	9,7468	4,5629	10,5263	1,9777	298,5	7088,2
96	9216	884736	9,7980	4,5789	10,4167	1,9823	301,6	7238,2
97	9409	912673	9,8489	4,5947	10,3093	1,9868	304,7	7389,8
98	9604	941192	9.8995	4,6104	10,2041	1,9912	307,9	7543,0
99	9801	970299	9,9499	4,6261	10,1010	1,9956	311,0	7697,7
100	10000	1000000	10,0000	4,6416	10,0000	2,0000	314,2	7854 0

TABLA I *(continuación).*

Cuadrado, cubo, raíces cuadrada y cúbica, valor recíproco, logaritmo vulgar o decimal, circunferencia y círculo para $n = 1$ a 1000.

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$1000 \frac{1}{n}$	$\log n$	πn	$\frac{1}{4} \pi n^2$
101	10201	1030301	10,0499	4,6570	9,90099	2,0043	317,3	8011,8
102	10404	1061208	10,0995	4,6723	9,80392	2,0086	320,4	8171,3
103	10609	1092727	10,1489	4,6875	9,70874	2,0128	323,6	8332,3
104	10816	1124864	10,1980	4,7027	9,61538	2,0170	326,7	8494,9
105	11025	1157625	10,2470	4,7177	9,52381	2,0212	329,9	8659,0
106	11236	1191016	10,2956	4,7326	9,43396	2,0253	333,0	8824,7
107	11449	1225043	10,3441	4,7475	9,34579	2,0294	336,2	8992,0
108	11664	1259712	10,3923	4,7622	9,25926	2,0334	339,3	9160,9
109	11881	1295029	10,4403	4,7769	9,17431	2,0374	342,4	9331,3
110	12100	1331000	10,4881	4,7914	9,09091	2,0414	345,6	9503,3
111	12321	1367631	10,5357	4,8059	9,00901	2,0453	348,7	9676,9
112	12544	1404928	10,5830	4,8203	8,92857	2,0492	351,9	9852,0
113	12769	1442897	10,6301	4,8346	8,84956	2,0531	355,0	10029
114	12996	1481544	10,6771	4,8488	8,77193	2,0569	358,1	10207
115	13225	1520875	10,7238	4,8629	8,69565	2,0607	361,3	10387
116	13456	1560896	10,7703	4,8770	8,62069	2,0645	364,4	10568
117	13689	1601613	10,8167	4,8910	8,54701	2,0682	367,6	10751
118	13924	1643032	10,8628	4,9049	8,47458	2,0719	370,7	10936
119	14161	1685159	10,9087	4,9187	8,40336	2,0755	373,8	11122
120	14400	1728000	10,9545	4,9324	8,33333	2,0792	377,0	11310
121	14641	1771561	11,0000	4,9461	8,26446	2,0828	380,1	11499
122	14884	1815848	11,0454	4,9597	8,19672	2,0864	383,3	11690
123	15129	1860867	11,0905	4,9732	8,13008	2,0899	386,4	11882
124	15376	1906624	11,1355	4,9866	8,06452	2,0934	389,6	12076
125	15625	1953125	11,1803	5,0000	8,00000	2,0969	392,7	12272
126	15876	2000376	11,2250	5,0133	7,93651	2,1004	395,8	12469
127	16129	2048383	11,2694	5,0265	7,87402	2,1038	399,0	12668
128	16384	2097152	11,3137	5,0397	7,81250	2,1072	402,1	12868
129	16641	2146689	11,3578	5,0528	7,75194	2,1106	405,3	13070
130	16900	2197000	11,4018	5,0658	7,69231	2,1139	408,4	13273
131	17161	2248091	11,4455	5,0788	7,63359	2,1173	411,5	13478
132	17424	2299968	11,4891	5,0916	7,57576	2,1206	414,7	13685
133	17689	2352637	11,5326	5,1045	7,51880	2,1239	417,8	13893
134	17956	2406104	11,5758	5,1172	7,46269	2,1271	421,0	14103
135	18225	2460375	11,6190	5,1299	7,40741	2,1303	424,1	14314
136	18496	2515456	11,6619	5,1426	7,35294	2,1335	427,3	14527
137	18769	2571353	11,7047	5,1551	7,29927	2,1367	430,4	14741
138	19044	2628072	11,7473	5,1676	7,24638	2,1399	433,5	14957
139	19321	2685619	11,7898	5,1801	7,19424	2,1430	436,7	15175
140	19600	2744000	11,8322	5,1925	7,14286	2,1461	439,8	15394
141	19881	2803221	11,8743	5,2048	7,09220	2,1492	443,0	15615
142	20164	2863288	11,9164	5,2171	7,04225	2,1523	446,1	15837
143	20449	2924207	11,9583	5,2293	6,99301	2,1553	449,2	16061
144	20736	2985984	12,0000	5,2415	6,94444	2,1584	452,4	16286
145	21025	3048625	12,0416	5,2536	6,89655	2,1614	455,5	16513
146	21316	3112136	12,0830	5,2656	6,84932	2,1644	458,7	16742
147	21609	3176523	12,1244	5,2776	6,80272	2,1673	461,8	16972
148	21904	3241792	12,1655	5,2896	6,75676	2,1703	465,0	17203
149	22201	3307949	12,2066	5,3015	6,71141	2,1732	468,1	17437
150	22500	3375000	12,2474	5,3133	6,66667	2,1761	471,2	17671

Tabla I *(continuación).*

Cuadrado, cubo, raíces cuadrada y cúbica, valor recíproco, logaritmo vulgar o decimal, circunferencia y círculo para $n = 1$ a 1000.

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$1000 \cdot \frac{1}{n}$	$\log n$	πn	$\frac{1}{4}\pi n^2$
151	22801	3442951	12,2882	5,3251	6,62252	2,1790	474,4	17908
152	23104	3511808	12,3288	5,3368	6,57895	2,1818	477,5	18146
153	23409	3581577	12,3693	5,3485	6,53595	2,1847	480,7	18385
154	23716	3652264	12,4097	5,3601	6,49351	2,1875	483,8	18627
155	24025	3723875	12,4499	5,3717	6,45161	2,1903	486,9	18869
156	24336	3796416	12,4900	5,3832	6,41026	2,1931	490,1	19113
157	24649	3869893	12,5300	5,3947	6,36943	2,1959	493,2	19359
158	24964	3944312	12,5698	5,4061	6,32911	2,1987	496,4	19607
159	25281	4019679	12,6095	5,4175	6,28931	2,2014	499,5	19856
160	25600	4096000	12,6491	5,4288	6,25000	2,2041	502,7	20106
161	25921	4173281	12,6886	5,4401	6,21118	2,2068	505,8	20358
162	26244	4251528	12,7279	5,4514	6,17284	2,2095	508,9	20612
163	26569	4330747	12,7671	5,4626	6,13497	2,2122	512,1	20867
164	26896	4410944	12,8062	5,4737	6,09756	2,2148	515,2	21124
165	27225	4492125	12,8452	5,4848	6,06061	2,2175	518,4	21382
166	27556	4574296	12,8841	5,4959	6,02410	2,2201	521,5	21642
167	27889	4657463	12,9228	5,5069	5,98802	2,2227	524,6	21904
168	28224	4741632	12,9615	5,5178	5,95238	2,2253	527,8	22167
169	28561	4826809	13,0000	5,5288	5,91716	2,2279	530,9	22432
170	28900	4913000	13,0384	5,5397	5,88235	2,2304	534,1	22698
171	29241	5000211	13,0767	5,5505	5,84795	2,2330	537,2	22966
172	29584	5088448	13,1149	5,5613	5,81395	2,2355	540,4	23235
173	29929	5177717	13,1529	5,5721	5,78035	2,2380	543,5	23506
174	30276	5268024	13,1909	5,5828	5,74713	2,2405	546,6	23779
175	30625	5359375	13,2288	5,5934	5,71429	2,2430	549,8	24053
176	30976	5451776	13,2665	5,6041	5,68182	2,2455	552,9	24328
177	31329	5545233	13,3041	5,6147	5,64972	2,2480	556,1	24606
178	31684	5639752	13,3417	5,6252	5,61798	2,2504	559.2	24885
179	32041	5735339	13,3791	5,6357	5,58659	2,2529	562,3	25165
180	32400	5832000	13,4164	5,6462	5,55556	2,2553	565,5	25447
181	32761	5929741	13,4536	5,6567	5,52486	2,2577	568,6	25730
182	33124	6028568	13,4907	5,6671	5,49451	2,2601	571,8	26016
183	33489	6128487	13,5277	5,6774	5,46448	2,2625	574,9	26302
184	33856	6229504	13,5647	5,6877	5,43478	2,2648	578,1	26590
185	34225	6331625	13,6015	5,6980	5,40541	2,2672	581,2	26880
186	34596	6434856	13,6382	5,7083	5,37634	2,2695	584,3	27172
187	34969	6539203	13,6748	5,7185	5,34759	2,2718	587,5	27465
188	35344	6644672	13,7113	5,7287	5,31915	2,2742	590,6	27759
189	35721	6751269	13,7477	5,7388	5,29101	2,2765	593,8	28055
190	36100	6859000	13,7840	5,7489	5,26316	2,2788	596,9	28353
191	36481	6967871	13,8203	5,7590	5,23560	2,2810	600,0	28652
192	36864	7077888	13,8564	5,7690	5,20833	2,2833	603,2	28953
193	37249	7189057	13,8924	5,7790	5,18135	2,2856	606,3	29255
194	37636	7301384	13,9284	5,7890	5,15464	2,2878	609,5	29559
195	38025	7414875	13,9642	5,7989	5,12821	2,2900	612.6	29865
196	38416	7529536	14,0000	5,8088	5,10204	2,2923	615,8	30172
197	38809	7645373	14,0357	5,8186	5,07614	2,2945	618,9	30481
198	39204	7762392	14,0712	5,8285	5,05051	2,2967	622,0	30791
199	39601	7880599	14,1067	5,8383	5,02513	2,2939	625,2	31103
200	40000	8000000	14,1421	5,8480	5,00000	2,3010	628,3	31416

TABLA I *(continuación)*.

Cuadrado, cubo, raíces cuadrada y cúbica, valor recíproco, logaritmo vulgar o decimal, circunferencia y círculo para $n = 1$ a 1000.

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$1000.\frac{1}{n}$	$\log n$	πn	$\frac{1}{4}\pi n^2$
201	40 401	8 120 601	14,1774	5,8578	4,97512	2,3032	631,5	31 731
202	40 804	8 242 408	14,2127	5,8675	4,95050	2,3054	634,6	32 047
203	41 209	8 365 427	14,2478	5,8771	4,92611	2,3075	637,7	32 365
204	41 616	8 489 664	14,2829	5,8868	4,90196	2,3096	640,9	32 685
205	42 025	8 615 125	14,3178	5,8964	4,87805	2,3118	644,0	33 006
206	42 436	8 741 816	14,3527	5,9059	4,85437	2,3139	647,2	33 329
207	42 849	8 869 743	14,3875	5,9155	4,83092	2,3160	650,3	33 654
208	43 264	8 998 912	14,4222	5,9250	4,80769	2,3181	653,5	33 979
209	43 681	9 129 329	14,4568	5,9345	4,78469	2,3201	656,6	34 307
210	44 100	9 261 000	14,4914	5,9439	4,76190	2,3222	659,7	34 636
211	44 521	9 393 931	14,5258	5,9533	4,73934	2,3243	662,9	34 967
212	44 944	9 528 128	14,5602	5,9627	4,71698	2,3263	666,0	35 299
213	45 369	9 663 597	14,5945	5,9721	4,69484	2,3284	669,2	35 633
214	45 796	9 800 344	14,6287	5,9814	4,67290	2,3304	672,3	35 968
215	46 225	9 938 375	14,6629	5,9907	4,65116	2,3324	675,4	36 305
216	46 656	10 077 696	14,6969	6,0000	4,62963	2,3345	678,5	36 644
217	47 089	10 218 313	14,7309	6,0092	4,60829	2,3365	681,7	36 984
218	47 524	10 360 232	14,7648	6,0185	4,58716	2,3385	684,9	37 325
219	47 961	10 503 459	14,7986	6,0277	4,56621	2,3404	688,0	37 668
220	48 400	10 648 000	14,8324	6,0368	4,54545	2,3424	691,2	38 013
221	48 841	10 793 861	14,8661	6,0459	4,52489	2,3444	694,3	38 360
222	49 284	10 941 048	14,8997	6,0550	4,50450	2,3464	697,4	38 708
223	49 729	11 089 567	14,9332	6,0641	4,48431	2,3483	700,6	39 057
224	50 176	11 239 424	14,9666	6,0732	4,46429	2,3502	703,7	39 408
225	50 625	11 390 625	15,0000	6,0822	4,44444	2,3522	706,9	39 761
226	51 076	11 543 176	15,0333	6,0912	4,42478	2,3541	710,0	40 115
227	51 529	11 697 083	15,0665	6,1002	4,40529	2,3560	713,1	40 471
228	51 984	11 852 352	15,0997	6,1091	4,38596	2,3579	716,3	40 828
229	52 441	12 008 989	15,1327	6,1180	4,36681	2,3598	719,4	41 187
230	52 900	12 167 000	15,1658	6,1269	4,34783	2,3617	722,6	41 548
231	53 361	12 326 391	15,1987	6,1358	4,32900	2,3636	725,7	41 910
232	53 824	12 487 168	15,2315	6,1446	4,31034	2,3655	728,8	42 273
233	54 289	12 649 337	15,2643	6,1534	4,29185	2,3674	732,0	42 638
234	54 756	12 812 904	15,2971	6,1622	4,27350	2,3692	735,1	43 005
235	55 225	12 977 875	15,3297	6,1710	4,25532	2,3711	738,3	43 374
236	55 696	13 144 256	15,3623	6,1797	4,23729	2,3729	741,4	43 744
237	56 169	13 312 053	15,3948	6,1885	4,21941	2,3747	744,6	44 115
238	56 644	13 481 272	15,4272	6,1972	4,20168	2,3766	747,7	44 488
239	57 121	13 651 919	15,4596	6,2058	4,18410	2,3784	750,8	44 863
240	57 600	13 824 000	15,4919	6,2145	4,16667	2,3802	754,0	45 239
241	58 081	13 997 521	15,5242	6,2231	4,14938	2,3820	757,1	45 617
242	58 564	14 172 488	15,5563	6,2317	4,13223	2,3838	760,3	45 996
243	59 049	14 348 907	15,5885	6,2403	4,11523	2,3856	763,4	46 377
244	59 536	14 526 784	15,6205	6,2488	4,09836	2,3874	766,5	46 759
245	60 025	14 706 125	15,6525	6,2573	4,08163	2,3892	769,7	47 144
246	60 516	14 886 936	15,6844	6,2658	4,06504	2,3909	772,8	47 529
247	61 009	15 069 223	15,7162	6,2743	4,04858	2,3927	776,0	47 916
248	61 504	15 252 992	15,7480	6,2828	4,03226	2,3945	779,1	48 305
249	62 001	15 438 249	15,7797	6,2912	4,01606	2,3962	782,3	48 695
250	62 500	15 625 000	15,8114	6,2996	4,00000	2,3979	785,4	49 087

TABLA I *(continuación)*.

Cuadrado, cubo, raíces cuadrada y cúbica, valor recíproco, logaritmo vulgar o decimal, circunferencia y círculo para $n = 1$ a 1000.

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$1000 \cdot \frac{1}{n}$	$\log n$	πn	$\frac{1}{4}\pi n^2$
251	63001	15813251	15,8430	6,3080	3,98406	2,3997	788,5	49481
252	63504	16003008	15,8745	6,3164	3,96825	2,4014	791,7	49876
253	64009	16194277	15,9060	6,3247	3,95257	2,4031	794,8	50273
254	64516	16387064	15,9374	6,3330	3,93701	2,4048	798,0	50671
255	65025	16581375	15,9687	6,3413	3,92157	2,4065	801,1	51071
256	65536	16777216	16,0000	6,3496	3,90625	2,4082	804,2	51472
257	66049	16974593	16,0312	6,3579	3,89105	2,4099	807,4	51875
258	66564	17173512	16,0624	6,3661	3,87597	2,4116	810,5	52279
259	67081	17373979	16,0935	6,3743	3,86100	2,4133	813,7	52685
260	67600	17576000	16,1245	6,3825	3,84615	2,4150	816,8	53093
261	68121	17779581	16,1555	6,3907	3,83142	2,4166	820,0	53502
262	68644	17984728	16,1864	6,3988	3,81679	2,4183	823,1	53913
263	69169	18191447	16,2173	6,4070	3,80228	2,4200	826,2	54325
264	69696	18399744	16,2481	6,4151	3,78788	2,4216	829,4	54739
265	70225	18609625	16,2788	6,4232	3,77358	2,4232	832,5	55155
266	70756	18821096	16,3095	6,4312	3,75940	2,4249	835,7	55572
267	71289	19034163	16,3401	6,4393	3,74532	2,4265	838,8	55990
268	71824	19248832	16,3707	6,4473	3,73134	2,4281	841,9	56410
269	72361	19465109	16,4012	6,4553	3,71747	2,4298	845,1	56832
270	72900	19683000	16,4317	6,4633	3,70370	2,4314	848,2	57256
271	73441	19902511	16,4621	6,4713	3,69004	2,4330	851,4	57680
272	73984	20123648	16,4924	6,4792	3,67647	2,4346	854,5	58107
273	74529	20346417	16,5227	6,4872	3,66300	2,4362	857,7	58535
274	75076	20570824	16,5529	6,4951	3,64964	2,4378	860,8	58965
275	75625	20796875	16,5831	6,5030	3,63636	2,4393	863,9	59396
276	76176	21024576	16,6132	6,5108	3,62319	2,4409	867,1	59828
277	76729	21253933	16,6433	6,5187	3,61011	2,4425	870,2	60263
278	77284	21484952	16,6733	6,5265	3,59712	2,4440	873.4	60699
279	77841	21717639	16,7033	6,5343	3,58423	2,4456	876,5	61136
280	78400	21952000	16,7332	6,5421	3,57143	2,4472	879,6	61575
281	78961	22188041	16,7631	6,5499	3,55872	2,4487	882,8	62016
282	79524	32425768	16,7929	6,5577	3,54610	2,4502	885,9	62458
283	80089	22665187	16,8226	6,5654	3,53357	2,4518	889,1	62902
284	80656	22906304	16,8523	6,5731	3,52113	2,4533	892,2	63347
285	81225	23149125	16,8819	6,5808	3,50877	2,4548	895,4	63794
286	81796	23393656	16,9115	6,5885	3,49650	2,4564	898,5	64242
287	82369	23639903	16,9411	6,5962	3,48432	2,4579	901,6	64692
288	82944	23887872	16,9706	6,6039	3,47222	2,4594	904,8	65144
289	83521	24137569	17,0000	6,6115	3,46021	2,4609	907,9	65597
290	84100	24389000	17,0294	6,6191	3,44828	2,4624	911,1	66052
291	84681	24642171	17,0587	6,6267	3,43643	2,4639	914,2	66508
292	85264	24897088	17,0880	6,6343	3,42466	2,4654	917,3	66966
293	85849	25153757	17,1172	6,6419	3,41297	2,4669	920,5	67426
294	86436	25412184	17,1464	6,6494	3,40136	2,4683	923,6	67887
295	87025	25672375	17,1756	6,6569	3,38983	2,4698	926,8	68349
296	87616	25934336	17,2047	6,6644	3,37838	2,4713	929,9	68813
297	88209	26198073	17,2337	6,6719	3,36700	2,4728	933,1	69279
298	88804	26463592	17,2627	6,6794	3,35570	2,4742	936,2	69746
299	89401	26730899	17,2916	6,6869	3,34448	2,4757	939,3	70215
300	90000	27000000	17,3205	6,6943	3,33333	2,4771	942,5	70686

TABLA I *(continuación)*.

Cuadrado, cubo, raíces cuadrada y cúbica, valor recíproco, logaritmo vulgar o decimal, circunferencia y círculo para $n = 1$ a 1000.

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$1000 \cdot \frac{1}{n}$	$\log n$	πn	$\frac{1}{4} \pi n^2$
301	90601	27270901	17,3494	6,7018	3,32226	2,4786	945,6	71158
302	91204	27543608	17,3781	6,7092	3,31126	2,4800	948,8	71631
303	91809	27818127	17,4069	6,7166	3,30033	2,4814	951,9	72107
304	92416	28094464	17,4356	6,7240	3,28947	2,4829	955,0	72583
305	93025	28372625	17,4642	6,7313	3,27869	2,4843	958,2	73062
306	93636	28652616	17,4929	6,7387	3,26797	2,4857	961,3	73542
307	94249	28934443	17,5214	6,7460	3,25733	2,4871	964,5	74023
308	94864	29218112	17,5499	6,7533	3,24675	2,4886	967,6	74506
309	95481	29503629	17,5784	6,7606	3,23625	2,4900	970,8	74991
310	96100	29791000	17,6068	6,7679	3,22581	2,4914	973,9	75477
311	96721	30080231	17,6352	6,7752	3,21543	2,4928	977,0	75964
312	97344	30371328	17,6635	6,7824	3,20513	2,4942	980,2	76454
313	97969	30664297	17,6918	6,7897	3,19489	2,4955	983,3	76945
314	98596	30959144	17,7200	6,7969	3,18471	2,4969	986,5	77437
315	99225	31255875	17,7482	6,8041	3,17460	2,4983	989,6	77931
316	99856	31554496	17,7764	6,8113	3,16456	2,4997	992,7	78427
317	100489	31855013	17,8045	6,8185	3,15457	2,5011	995,9	78924
318	101124	32157432	17,8326	6,8256	3,14465	2,5024	999,0	79423
319	101761	32461759	17,8606	6,8328	3,13480	2,5038	1002	79923
320	102400	32768000	17,8885	6,8399	3,12500	2,5051	1005	80425
321	103041	33076161	17,9165	6,8470	3,11526	2,5065	1008	80928
322	103684	33386248	17,9444	6,8541	3,10559	2,5079	1012	81433
323	104329	33698267	17,9722	6,8612	3,09598	2,5092	1015	81940
324	104976	34012224	18,0000	6,8683	3,08642	2,5105	1018	82448
325	105625	34328125	18,0278	6,8753	3,07692	2,5119	1021	82958
326	106276	34645976	18,0555	6,8824	3,06748	2,5132	1024	83469
327	106929	34965783	18,0831	6,8894	3,05810	2,5145	1027	83982
328	107584	35287552	18,1108	6,8964	3,04878	2,5159	1030	84496
329	108241	35611289	18,1384	6,9034	3,03951	2,5172	1034	85012
330	108900	35937000	18,1659	6,9104	3,03030	2,5185	1037	85530
331	109561	36264691	18,1934	6,9174	3,02115	2,5198	1040	86049
332	110224	36594368	18,2209	6,9244	3,01205	2,5211	1043	86570
333	110889	36926037	18,2483	6,9313	3,00300	2,5224	1046	87092
334	111556	37259704	18,2757	6,9382	2,99401	2,5237	1049	87616
335	112225	37595375	18,3030	6,9451	2,98507	2,5250	1052	88141
336	112896	37933056	18,3303	6,9521	2,97619	2,5263	1056	88668
337	113569	38272753	18,3576	6,9589	2,96736	2,5276	1059	89197
338	114244	38614472	18,3848	6,9658	2,95858	2,5289	1062	89727
339	114921	38958219	18,4120	6,9727	2,94985	2,5302	1065	90259
340	115600	39304000	18,4391	6,9795	2,94118	2,5315	1068	90792
341	116281	39651821	18,4662	6,9864	2,93255	2,5328	1071	91327
342	116964	40001688	18,4932	6,9932	2,92398	2,5340	1074	91863
343	117649	40353607	18,5203	7,0000	2,91545	2,5353	1078	92401
344	118336	40707584	18,5472	7,0068	2,90698	2,5366	1081	92941
345	119025	41063625	18,5742	7,0136	2,89855	2,5378	1084	93482
346	119716	41421736	18,6011	7,0203	2,89017	2,5391	1087	94025
347	120409	41781923	18,6279	7,0271	2,88184	2,5403	1090	94569
348	121104	42144192	18,6548	7,0338	2,87356	2,5416	1093	95115
349	121801	42508549	18,6815	7,0406	2,86533	2,5428	1096	95662
350	122500	42875000	18,7083	7,0473	2,85714	2,5441	1100	96211

TABLA I (*continuación*).

Cuadrado, cubo, raíces cuadrada y cúbica, valor recíproco, logaritmo vulgar o decimal, circunferencia y círculo para $n = 1$ a 1000.

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$1000.\frac{1}{n}$	$\log n$	πn	$\frac{1}{4}\pi n^2$
351	123 201	43 243 551	18,7350	7,0540	2,84900	2,5453	1 103	96 762
352	123 904	43 614 208	18,7617	7,0607	2,84091	2,5465	1 106	97 314
353	124 609	43 986 977	18,7883	7,0674	2,83286	2,5478	1 109	97 868
354	125 316	44 361 864	18,8149	7,0740	2,82486	2,5490	1 112	98 423
355	126 025	44 738 875	18,8414	7,0807	2,81690	2,5502	1 115	98 980
356	126 736	45 118 016	18,8680	7,0873	2,80899	2,5514	1 118	99 538
357	127 449	45 499 293	18,8944	7,0940	2,80112	2,5527	1 122	100 098
358	128 164	45 882 712	18,9209	7,1006	2,79330	2,5539	1 125	100 660
359	128 881	46 268 279	18,9473	7,1072	2,78552	2,5551	1 128	101 223
360	129 600	46 656 000	18,9737	7,1138	2,77778	2,5563	1 131	101 788
361	130 321	47 045 881	19,0000	7,1204	2,77008	2,5575	1 134	102 354
362	131 044	47 437 928	19,0263	7,1269	2,76243	2,5587	1 137	102 922
363	131 769	47 832 147	19,0526	7,1335	2,75482	2,5599	1 140	103 491
364	132 496	48 228 544	19,0788	7,1400	2,74725	2,5611	1 144	104 062
365	133 225	48 627 125	19,1050	7,1466	2,73973	2,5623	1 147	104 635
366	133 956	49 027 896	19,1311	7,1531	2,73224	2,5635	1 150	105 209
367	134 689	49 430 863	19,1572	7,1596	2,72480	2,5647	1 153	105 785
368	135 424	49 836 032	19,1833	7,1661	2,71739	2,5658	1 156	106 362
369	136 161	50 243 409	19,2094	7,1726	2,71003	2,5670	1 159	106 941
370	136 900	50 653 000	19,2354	7,1791	2,70270	2,5682	1 162	107 521
371	137 641	51 064 811	19,2614	7,1855	2,69542	2,5694	1 166	108 103
372	138 384	51 478 848	19,2873	7,1920	2,68817	2,5705	1 169	108 687
373	139 129	51 895 117	19,3132	7,1984	2,68097	2,5717	1 172	109 272
374	139 876	52 313 624	19,3391	7,2048	2,67380	2,5729	1 175	109 858
375	140 625	52 734 375	19,3649	7,2112	2,66667	2,5740	1 178	110 447
376	141 376	53 157 376	19,3907	7,2177	2,65957	2,5752	1 181	111 036
377	142 129	53 582 633	19,4165	7,2240	2,65252	2,5763	1 184	111 628
378	142 884	54 010 152	19,4422	7,2304	2,64550	2,5775	1 188	112 221
379	143 641	54 439 939	19,4679	7,2368	2,63852	2,5786	1 191	112 815
380	144 400	54 872 000	19,4936	7,2432	2,63158	2,5798	1 194	113 411
381	145 161	55 306 341	19,5192	7,2495	2,62467	2,5809	1 197	114 009
382	145 924	55 742 968	19,5448	7,2558	2,61780	2,5821	1 200	114 608
383	146 689	56 181 887	19,5704	7,2622	2,61097	2,5832	1 203	115 209
384	147 456	56 623 104	19,5959	7,2685	2,60417	2,5843	1 206	115 812
385	148 225	57 066 625	19,6214	7,2748	2,59740	2,5855	1 210	116 416
386	148 996	57 512 456	19,6469	7,2811	2.59067	2,5866	1 213	117 021
387	149 769	57 960 603	19,6723	7,2874	2,58398	2,5877	1 216	117 628
388	150 544	58 411 072	19,6977	7,2936	2,57732	2,5888	1 219	118 257
389	151 321	58 863 869	19,7231	7,2999	2,57069	2,5899	1 222	118 847
390	152 100	59 319 000	19,7484	7,3061	2,56410	2,5911	1 225	119 459
391	152 881	59 776 471	19,7737	7,3124	2,55754	2,5922	1 228	120 072
392	153 664	60 236 288	19,7990	7,3186	2,55102	2,5933	1 232	120 687
393	154 449	60 698 457	19,8242	7,3248	2,54453	2,5944	1 235	121 304
394	155 236	61 162 984	19,8494	7,3310	2,53807	2,5955	1 238	121 922
395	156 025	61 629 875	19,8746	7,3372	2,53165	2,5966	1 241	122 542
396	156 816	62 099 136	19,8997	7,3434	2,52525	2,5977	1 244	123 163
397	157 609	62 570 773	19,9249	7,3496	2,51889	2,5988	1 247	123 786
398	158 404	63 044 792	19,9499	7,3558	2,51256	2,5999	1 250	124 410
399	159 201	63 521 199	19,9750	7,3619	2,50627	2,6010	1 253	125 036
400	160 000	64 000 000	20,0000	7,3681	2,50000	2,6021	1 257	125 664

TABLA I *(continuación).*

Cuadrado, cubo, raíces cuadrada y cúbica, valor recíproco, logaritmo vulgar o decimal, circunferencia y círculo para $n = 1$ a 1000.

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$1000 \cdot \frac{1}{n}$	$\log n$	πn	$\frac{1}{4}\pi n^2$
401	160801	64481201	20,0250	7,3742	2,49377	2,6031	1260	126293
402	161604	64964808	20,0499	7,3803	2,48756	2,6042	1263	126923
403	162409	65450827	20,0749	7,3864	2,48139	2,6053	1266	127556
404	163216	65939264	20,0998	7,3925	2,47525	2,6064	1269	128190
405	164025	66430125	20,1246	7,3986	2,46914	2,6075	1272	128825
406	164836	66923416	20,1494	7,4047	2,46305	2,6085	1275	129462
407	165649	67419143	20,1742	7,4108	2,45700	2,6096	1279	130100
408	166464	67917312	20,1990	7,4169	2,45098	2,6107	1282	130741
409	167281	68417929	20,2237	7,4229	2,44499	2,6117	1285	131382
410	168100	68921000	20,2485	7,4290	2,43902	2,6128	1288	132025
411	168921	69426531	20,2731	7,4350	2,43309	2,6138	1291	132670
412	169744	69934528	20,2978	7,4410	2,42718	2,6149	1294	133317
413	170569	70444997	20,3224	7,4470	2,42131	2,6160	1297	133965
414	171396	70957944	20,3470	7,4530	2,41546	2,6170	1301	134614
415	172225	71473375	20,3715	7,4590	2,40964	2,6180	1304	135265
416	173056	71991296	20,3961	7,4650	2,40385	2,6191	1307	135918
417	173889	72511713	20,4206	7,4710	2,39808	2,6201	1310	136572
418	174724	73034632	20,4450	7,4770	2,39234	2,6212	1313	137228
419	175561	73560059	20,4695	7,4829	2,38663	2,6222	1316	137885
420	176400	74088000	20,4939	7,4889	2,38095	2,6232	1319	138544
421	177241	74618461	20,5183	7,4948	2,37530	2,6243	1323	139205
422	178084	75151448	20,5426	7,5007	2,36967	2,6253	1326	139867
423	178929	75686967	20,5670	7,5067	2,36407	2,6263	1329	140531
424	179776	76225024	20,5913	7,5126	2,35849	2,6274	1332	141196
425	180625	76765625	20,6155	7,5185	2,35294	2,6284	1335	141863
426	181476	77308776	20,6398	7,5244	2,34742	2,6294	1338	142531
427	182329	77854483	20,6640	7,5302	2,34192	2,6304	1341	143201
428	183184	78402752	20,6882	7,5361	2,33645	2,6314	1345	143872
429	184041	78953589	20,7123	7,5420	2,33100	2,6325	1348	144545
430	184900	79507000	20,7364	7,5478	2,32558	2,6335	1351	145220
431	185761	80062991	20,7605	7,5537	2,32019	2,6345	1354	145896
432	186624	80621568	20,7846	7,5595	2,31481	2,6355	1357	146574
433	187489	81182737	20,8087	7,5654	2,30947	2,6365	1360	147254
434	188356	81746504	20,8327	7,5712	2,30415	2,6375	1363	147934
435	189225	82312875	20,8567	7,5770	2,29885	2,6385	1367	148617
436	190096	82881856	20,8806	7,5828	2,29358	2,6395	1370	149301
437	190969	83453453	20,9045	7,5886	2,28833	2,6405	1373	149987
438	191844	84027672	20,9284	7,5944	2,28311	2,6415	1376	150674
439	192721	84604519	20,9523	7,6001	2,27790	2,6425	1379	151363
440	193600	85184000	20,9762	7,6059	2,27273	2,6435	1382	152053
441	194481	85766121	21,0000	7,6117	2,26757	2,6444	1385	152745
442	195364	86350888	21,0238	7,6174	2,26244	2,6454	1389	153439
443	196249	86938307	21,0476	7,6232	2,25734	2,6464	1392	154134
444	197136	87528384	21,0713	7,6289	2,25225	2,6474	1395	154830
445	198025	88121125	21,0950	7,6346	2,24719	2,6484	1398	155528
446	198916	88716536	21,1187	7,6403	2,24215	2,6493	1401	156228
447	199809	89314623	21,1424	7,6460	2,23714	2,6503	1404	156930
448	200704	89915392	21,1660	7,6517	2,23214	2,6513	1407	157633
449	201601	90518849	21,1896	7,6574	2,22717	2,6522	1411	158337
450	202500	91125000	21,2132	7,6631	2,22222	2,6532	1414	159043

TABLA I *(continuación).*

Cuadrado, cubo, raíces cuadrada y cúbica, valor recíproco, logaritmo vulgar o decimal, circunferencia y círculo para $n = 1$ a 1000.

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$1000 \cdot \frac{1}{n}$	$\log n$	πn	$\frac{1}{4}\pi n^2$
451	203 401	91 733 851	21,2368	7,6688	2,21730	2,6542	1 417	159 751
452	204 304	92 345 408	21,2603	7,6744	2,21239	2,6551	1 420	160 460
453	205 209	92 959 677	21,2838	7,6801	2,20751	2,6561	1 423	161 171
454	206 116	93 576 664	21,3073	7,6857	2,20264	2,6571	1 426	161 883
455	207 025	94 196 375	21,3307	7,6914	2,19780	2,6580	1 429	162 597
456	207 936	94 818 816	21,3542	7,6970	2,19298	2,6590	1 433	163 313
457	208 849	95 443 993	21,3776	7,7026	2,18818	2,6599	1 436	164 030
458	209 764	96 071 912	21,4009	7,7082	2,18341	2,6609	1 439	164 748
459	210 681	96 702 579	21,4243	7,7138	2,17865	2,6618	1 442	165 468
460	211 600	97 336 000	21,4476	7,7194	2,17391	2,6628	1 445	166 190
461	212 521	97 972 181	21,4709	7,7250	2,16920	2,6637	1 448	166 914
462	213 444	98 611 128	21,4942	7,7306	2,16450	2,6646	1 451	167 639
463	214 369	99 252 847	21,5174	7,7362	2,15983	2,6656	1 455	168 365
464	215 296	99 897 344	21,5407	7,7418	2,15517	2,6665	1 458	169 093
465	216 225	100 544 625	21,5639	7,7473	2,15054	2,6675	1 461	169 823
466	217 156	101 194 696	21,5870	7,7529	2,14592	2,6684	1 464	170 554
467	218 089	101 847 563	21,6102	7,7584	2,14133	2,6693	1 467	171 287
468	219 024	102 503 232	21,6333	7,7639	2,13675	2,6702	1 470	172 021
469	219 961	103 161 709	21,6564	7,7695	2,13220	2,6712	1 473	172 757
470	220 900	103 823 000	21,6795	7,7750	2,12766	2,6721	1 477	173 494
471	221 841	104 487 111	21,7025	7,7805	2,12314	2,6730	1 480	174 234
472	222 784	105 154 048	21,7256	7,7860	2,11864	2,6739	1 483	174 974
473	223 729	105 823 817	21,7486	7,7915	2,11416	2,6749	1 486	175 716
474	224 676	106 496 424	21,7715	7,7970	2,10970	2,6758	1 489	176 460
475	225 625	107 171 875	21,7945	7,8025	2,10526	2,6767	1 492	177 205
476	226 576	107 850 176	21,8174	7,8079	2,10084	2,6776	1 495	177 952
477	227 529	108 531 333	21,8403	7,8134	2,09644	2,6785	1 499	178 701
478	228 484	109 215 352	21,8632	7,8188	2,09205	2,6794	1 502	179 451
479	229 441	109 902 239	21,8861	7,8243	2,08768	2,6803	1 505	180 203
480	230 400	110 592 000	21,9089	7,8297	2,08333	2,6812	1 508	180 956
481	231 361	111 284 641	21,9317	7,8352	2,07900	2,6821	1 511	181 711
482	232 324	111 980 168	21,9545	7,8406	2,07469	2,6830	1 514	182 467
483	233 289	112 678 587	21,9773	7,8460	2,07039	2,6839	1 517	183 225
484	234 256	113 379 904	22,0000	7,8514	2,06612	2,6848	1 521	183 984
485	235 225	114 084 125	22,0227	7,8568	2,06186	2,6857	1 524	184 745
486	236 196	114 791 256	22,0454	7,8622	2,05761	2,6866	1 527	185 508
487	237 169	115 501 303	22,0681	7,8676	2,05339	2,6875	1 530	186 272
488	238 144	116 214 272	22,0907	7,8730	2,04918	2,6884	1 533	187 038
489	239 121	116 930 169	22,1133	7,8784	2,04499	2,6893	1 536	187 805
490	240 100	117 649 000	22,1359	7,8837	2,04082	2,6902	1 539	188 574
491	241 081	118 370 771	22,1585	7,8891	2,03666	2,6911	1 543	189 345
492	242 064	119 095 488	22,1811	7,8944	2,03252	2,6920	1 546	190 117
493	243 049	119 823 157	22,2036	7,8998	2,02840	2,6928	1 549	190 890
494	244 036	120 553 784	22,2261	7,9051	2,02429	2,6937	1 552	191 665
495	245 025	121 287 375	22,2486	7,9105	2,02020	2,6946	1 555	192 442
496	246 016	122 023 936	22,2711	7,9158	2,01613	2,6955	1 558	193 221
497	247 009	122 763 473	22,2935	7,9211	2,01207	2,6964	1 561	194 000
498	248 004	123 505 992	22,3159	7,9264	2,00803	2,6972	1 565	194 782
499	249 001	124 251 499	22,3383	7,9317	2,00401	2,6981	1 568	195 565
500	250 000	125 000 000	22,3607	7,9370	2,00000	2,6990	1 571	196 350

TABLA I *(continuación)*.

Cuadrado, cubo, raíces cuadrada y cúbica, valor recíproco, logaritmo vulgar o decimal, circunferencia y círculo para $n = 1$ a 1000.

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$1000 \cdot \frac{1}{n}$	$\log n$	πn	$\frac{1}{4} \pi n^2$
501	251 001	125 751 501	22,3830	7,9423	1,99601	2,6998	1 574	197 136
502	252 004	126 506 008	22,4054	7,9476	1,99203	2,7007	1 577	197 923
503	253 009	127 263 527	22,4277	7,9528	1,98807	2,7016	1 580	198 713
504	254 016	128 024 064	22,4499	7,9581	1,98413	2,7024	1 583	199 504
505	255 025	128 787 625	22,4722	7,9634	1,98020	2,7033	1 587	200 296
506	256 036	129 554 216	23,4944	7,9686	1,97628	2,7042	1 590	201 090
507	257 049	130 323 843	22,5167	7,9739	1,97239	2,7050	1 593	201 886
508	258 064	131 096 512	22,5389	7,9791	1,96850	2,7059	1 596	202 683
509	259 081	131 872 229	22,5610	7,9813	1,96464	2,7067	1 599	203 482
510	260 100	132 651 000	22,5832	7,9896	1,96078	2,7076	1 602	204 282
511	261 121	133 432 831	22,6053	7,9948	1,95695	2,7084	1 605	205 084
512	262 144	134 217 728	22,6274	8,0000	1,95312	2,7093	1 608	205 887
513	263 169	135 005 697	22,6495	8,0052	1,94932	2,7101	1 612	206 692
514	264 196	135 796 744	22,6716	8,0104	1,94553	2,7110	1 615	207 499
515	265 225	136 590 875	22,6936	8,0156	1,94175	2,7118	1 618	208 307
516	266 256	137 388 096	22,7156	8,0208	1,93798	2,7126	1 621	209 117
517	267 289	138 188 413	22,7376	8,0260	1,93424	2,7135	1 624	209 928
518	268 324	138 991 832	22,7596	8,0311	1,93050	2,7143	1 627	210 741
519	269 361	139 798 359	22,7816	8,0363	1,92678	2,7152	1 630	211 556
520	270 400	140 608 000	22,8035	8,0415	1,92308	2,7160	1 634	212 372
521	271 441	141 420 761	22,8254	8,0466	1,91939	2,7168	1 637	213 189
522	272 484	142 236 648	22,8473	8,0517	1,91571	2,7177	1 640	214 008
523	273 529	143 055 667	22,8692	8,0569	1,91205	2,7185	1 643	214 829
524	274 576	143 877 824	22,8910	8,0620	1,90840	2,7193	1 646	215 651
525	275 625	144 703 125	22,9129	8,0671	1,90476	2,7202	1 649	216 475
526	276 676	145 531 576	22,9347	8,0723	1,90114	2,7210	1 652	217 301
527	277 729	146 363 183	22,9565	8,0774	1,89753	2,7218	1 656	218 128
528	278 784	147 197 952	22,9783	8,0825	1,89394	2,7226	1 659	218 956
529	279 841	148 035 889	23,0000	8,0876	1,89036	2,7235	1 662	219 787
530	280 900	148 877 000	23,0217	8,0927	1,88679	2,7243	1 665	220 618
531	281 961	149 721 291	23,0434	8,0978	1,88324	2,7251	1 668	221 452
532	283 024	150 568 768	23,0651	8,1028	1,87970	2,7259	1 671	222 287
533	284 089	151 419 437	23,0868	8,1079	1,87617	2,7267	1 674	223 123
534	285 156	152 273 304	23,1084	8,1130	1,87266	2,7275	1 678	223 961
535	286 225	153 130 375	23,1301	8,1180	1,86916	2,7284	1 681	224 801
536	287 296	153 990 656	23,1517	8,1231	1,86567	2,7292	1 684	225 642
537	288 369	154 854 153	23,1733	8,1281	1,86220	2,7300	1 687	226 484
538	289 444	155 720 872	23,1948	8,1332	1,85874	2,7308	1 690	227 329
539	290 521	156 590 819	23,2164	8,1382	1,85529	2,7316	1 693	228 175
540	291 600	157 464 000	23,2379	8,1433	1,85185	2,7324	1 696	229 022
541	292 681	158 340 421	23,2594	8,1483	1,84843	2,7332	1 700	229 871
542	293 764	159 220 088	23,2809	8,1533	1,84502	2,7340	1 703	230 722
543	294 849	160 103 007	23,3024	8,1583	1,84162	2,7348	1 706	231 574
544	295 936	160 989 184	23,3238	8,1633	1,83824	2,7356	1 709	232 428
545	297 025	161 878 625	23,3452	8,1683	1,83486	2,7364	1 712	233 283
546	298 116	162 771 336	23,3666	8,1733	1,83150	2,7372	1 715	234 140
547	299 209	163 667 323	23,3880	8,1783	1,82815	2,7380	1 718	234 998
548	300 304	164 566 592	23,4094	8,1833	1,82482	2,7388	1 722	235 858
549	301 401	165 469 149	23,4307	8,1882	1,82149	2,7396	1 725	236 720
550	302 500	166 375 000	23,4521	8,1932	1,81818	2,7404	1 728	237 583

TABLA I *(continuación)*.

Cuadrado, cubo, raíces cuadrada y cúbica, valor recíproco, logaritmo vulgar o decimal, circunferencia y círculo para $n = 1$ a 1000.

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$1000.\frac{1}{n}$	$\log n$	πn	$\frac{1}{4}\pi n^2$
551	303601	167284151	23,4734	8,1982	1,81488	2,7412	1731	238448
552	304704	168196608	23,4947	8,2031	1,81159	2,7419	1734	239314
553	305809	169112377	23,5160	8,2081	1,80832	2,7427	1737	240182
554	306916	170031464	23,5372	8,2130	1,80505	2,7435	1740	241051
555	308025	170953875	23,5584	8,2180	1,80180	2,7443	1744	241922
556	309136	171879616	23,5797	8,2229	1,79856	2,7451	1747	242795
557	310249	172808693	23,6008	8,2278	1,79533	2,7459	1750	243669
558	311364	173741112	23,6220	8,2327	1,79211	2,7466	1753	244545
559	312481	174676879	23,6432	8,2377	1,78891	2,7474	1756	245422
560	313600	175616000	23,6643	8,2426	1,78571	2,7482	1759	246301
561	314721	176558481	23,6854	8,2475	1,78253	2,7490	1762	247181
562	315844	177504328	23,7065	8,2524	1,77936	2,7497	1766	248063
563	316969	178453547	23,7276	8,2573	1,77620	2,7505	1769	248947
564	318096	179406144	23,7487	8,2621	1,77305	2,7513	1772	249832
565	319225	180362125	23,7697	8,2670	1,76991	2,7520	1775	250719
566	320356	181321496	23,7908	8,2719	1,76678	2,7528	1778	251607
567	321489	182284263	23,8118	8,2768	1,76367	2,7536	1781	252497
568	322624	183250432	23,8328	8,2816	1,76056	2,7543	1784	253388
569	323761	184220009	23,8537	8,2865	1,75747	2,7551	1788	254281
570	324900	185193000	23,8747	8,2913	1,75439	2,7559	1791	255176
571	326041	186169411	23,8956	8,2962	1.75131	2,7566	1794	256072
572	327184	187149248	23,9165	8,3010	1,74825	2,7574	1797	256970
573	328329	188132517	23.9374	8,3059	1,74520	2.7582	1800	257869
574	329476	189119224	23,9583	8,3107	1,74216	2,7589	1803	258770
575	330625	190109375	23,9792	8,3155	1,73913	2,7597	1806	259672
576	331776	191102976	24,0000	8,3203	1,73611	2,7604	1810	260576
677	332929	192100033	24,0208	8,3251	1,73310	2.7612	1813	261482
578	334084	193100552	24,0416	8,3300	1,73010	2,7619	1816	262389
579	335241	194104539	24,0624	8,3348	1,72712	2,7627	1819	263298
580	336400	195112000	24,0832	8,3396	1,72414	2,7634	1822	264208
581	337561	196122941	24,1039	8,3443	1,72117	2,7642	1825	265121
582	338724	197137368	24,1247	8,3491	1,71821	2,7649	1828	266033
583	339889	198155287	24,1454	8,3539	1,71527	2,7657	1832	266948
584	341056	199176704	24,1661	8,3587	1,71233	2,7664	1835	267865
585	342225	200201625	24,1868	8,3634	1,70940	2,7672	1838	268783
586	343396	201230056	24,2074	8,3682	1,70648	2,7679	1841	269703
587	344569	202262003	24,2281	8,3730	1,70358	2,7686	1844	270624
588	345744	203297472	24,2487	8,3777	1,70068	2,7694	1847	271547
589	346921	204336469	24,2693	8,3825	1,69779	2,7701	1850	272471
590	348100	205379000	24,2899	8,3872	1,69492	2,7709	1854	273397
591	349281	206425071	24,3105	8,3919	1,69205	2.7716	1857	274325
592	350464	207474688	24,3311	8,3967	1,68919	2,7723	1860	275254
593	351649	208527857	24,3516	8,4014	1,68634	2,7731	1863	276185
594	352836	209584584	24,3721	8,4061	1,68350	2,7738	1866	277117
595	354025	210644875	24,3926	8,4108	1,68067	2,7745	1869	278051
596	355216	211708736	24,4131	8,4155	1,67785	2,7752	1872	278986
597	356409	212776173	24,4336	8,4202	1,67504	2,7760	1876	279923
598	357604	213847192	24,4540	8,4249	1,67224	2,7767	1879	280862
599	358801	214921799	24.4745	8,4296	1,66945	2,7774	1882	281802
600	360000	216000000	24,4949	8,4343	1,66667	2,7782	1885	282744

TABLA I *(continuación)*.

Cuadrado, cubo, raíces cuadrada y cúbica, valor recíproco, logaritmo vulgar o decimal, circunferencia y círculo para $n = 1$ a 1000.

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$1000 \cdot \frac{1}{n}$	$\log n$	πn	$\frac{1}{4}\pi n^2$
601	361 201	217 081 801	24,5153	8,4390	1,66389	2,7789	1 888	283 687
602	362 404	218 167 208	24,5357	8,4437	1,66113	2,7796	1 891	284 631
603	363 609	219 256 227	24,5561	8,4484	1,65837	2,7803	1 894	285 578
604	364 816	220 348 864	24,5764	8,4530	1,65563	2,7810	1 898	286 526
605	366 025	221 445 125	24,5967	8,4577	1,65289	2,7818	1 901	287 475
606	367 236	222 545 016	24,6171	8,4623	1,65017	2,7825	1 904	288 426
607	368 449	223 648 543	24,6374	8,4670	1,64745	2,7832	1 907	289 379
608	369 664	224 755 712	24,6577	8,4716	1,64474	2,7839	1 910	290 333
609	370 881	225 866 529	24,6779	8,4763	1,64204	2,7846	1 913	291 289
610	372 100	226 981 000	24,6982	8,4809	1,63934	2,7853	1 916	292 247
611	373 321	228 099 131	24,7184	8,4856	1,63666	2,7860	1 920	293 206
612	374 544	229 220 928	24,7386	8,4902	1,63399	2,7868	1 923	294 166
613	375 769	230 346 397	24,7588	8,4948	1,63132	2,7875	1 926	295 128
614	376 996	231 475 544	24,7790	8,4994	1,62866	2,7882	1 929	296 092
615	378 225	232 608 375	24,7992	8,5040	1,62602	2,7889	1 932	297 057
616	379 456	233 744 896	24,8193	8,5086	1,62338	2,7896	1 935	298 024
617	380 689	234 885 113	24,8395	8,5132	1,62075	2,7903	1 938	298 992
618	381 924	236 029 032	24,8596	8,5178	1,61812	2,7910	1 942	299 962
619	383 161	237 176 659	24,8797	8,5224	1,61551	2,7917	1 945	300 934
620	384 400	238 328 000	24,8998	8,5270	1,61290	2,7924	1 948	301 907
621	385 641	239 483 061	24,9199	8,5316	1,61031	2,7931	1 951	302 882
622	386 884	240 641 848	24,9399	8,5362	1,60772	2,7938	1 954	303 858
623	388 129	241 804 367	24,9600	8,5408	1,60514	2,7945	1 957	304 836
624	389 376	242 970 624	24,9800	8,5453	1,60256	2,7952	1 960	305 815
625	390 625	244 140 625	25,0000	8,5499	1,60000	2,7959	1 963	306 796
626	391 876	245 314 376	25,0200	8,5544	1,59744	2,7966	1 967	307 779
627	393 129	246 491 883	25,0400	8,5590	1,59490	2,7973	1 970	308 763
628	394 384	247 673 152	25,0599	8,5635	1,59236	2,7980	1 973	309 748
629	395 641	248 858 189	25,0799	8,5681	1,58983	2,7987	1 976	310 736
630	396 900	250 047 000	25,0998	8,5726	1,58730	2,7993	1 979	311 725
631	398 161	251 239 591	25,1197	8,5772	1,58479	2,8000	1 982	312 715
632	399 424	252 435 968	25,1396	8,5817	1,58228	2,8007	1 985	313 707
633	400 689	253 636 137	25,1595	8,5862	1,57978	2,8014	1 989	314 700
634	401 956	254 840 104	25,1794	8,5907	1,57729	2,8021	1 992	315 696
635	403 225	256 047 875	25,1992	8,5952	1,57480	2,8028	1 995	316 692
636	404 496	257 259 456	25,2190	8,5997	1,57233	2,8035	1 998	317 690
637	405 769	258 474 853	25,2389	8,6043	1,56986	2,8041	2 001	318 690
638	407 044	259 694 072	25,2587	8,6088	1,56740	2,8048	2 004	319 692
639	408 321	260 917 119	25,2784	8,6132	1,56495	2,8055	2 007	320 695
640	409 600	262 144 000	25,2982	8,6177	1,56250	2,8062	2 011	321 699
641	410 881	263 374 721	25,3180	8,6222	1,56006	2,8069	2 014	322 705
642	412 164	264 609 288	25,3377	8,6267	1,55763	2,8075	2 017	323 713
643	413 449	265 847 707	25,3574	8,6312	1,55521	2,8082	2 020	324 722
644	414 736	267 089 984	25,3772	8,6357	1,55280	2,8089	2 023	325 733
645	416 025	268 336 125	25,3969	8,6401	1,55039	2,8096	2 026	326 745
646	417 316	269 586 136	25,4165	8,6446	1,54799	2,8102	2 029	327 759
647	418 609	270 840 023	25,4362	8,6490	1,54560	2,8109	2 033	328 775
648	419 904	272 097 792	25,4558	8,6535	1,54321	2,8116	2 036	329 792
649	421 201	273 359 449	25,4755	8,6579	1,54083	2,8122	2 039	330 810
650	422 500	274 625 000	25,4951	8,6624	1,53846	2,8129	2 042	331 831

TABLA I *(continuación)*.

Cuadrado, cubo, raíces cuadrada y cúbica, valor recíproco, logaritmo vulgar o decimal, circunferencia y círculo para $n = 1$ a 1000.

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$1000 \cdot \frac{1}{n}$	$\log n$	πn	$\frac{1}{4}\pi n^2$
651	423 801	275 894 451	25,5147	8,6668	1,53610	2,8136	2 045	332 853
652	425 104	277 167 808	25,5343	8,6713	1,53374	2,8142	2 048	333 876
653	426 409	278 445 077	25,5539	8,6757	1,53139	2,8149	2 051	334 901
654	427 716	279 726 264	25,5734	8,6801	1,52905	2,8156	2 055	335 927
655	429 025	281 011 375	25,5930	8,6845	1,52672	2,8162	2 058	336 955
656	430 336	282 300 416	25,6125	8,6890	1,52439	2,8169	2 061	337 985
657	431 649	283 593 393	25,6320	8,6934	1,52207	2,8176	2 064	339 016
658	432 964	284 890 312	25,6515	8,6978	1,51976	2,8182	2 067	340 049
659	434 281	286 191 179	25,6710	8,7022	1,51745	2,8189	2 070	341 083
660	435 600	287 496 000	25,6905	8,7066	1,51515	2,8195	2 073	342 119
661	436 921	288 804 781	25,7099	8,7110	1,51286	2,8202	2 077	343 157
662	438 244	290 117 528	25,7294	8,7154	1,51057	2,8209	2 080	344 196
663	439 569	291 434 247	25,7488	8,7198	1,50830	2,8215	2 083	345 237
664	440 896	292 754 944	25,7682	8,7241	1,50602	2,8222	2 086	346 279
665	442 225	294 079 625	25,7876	8,7285	1,50376	2,8228	2 089	347 323
666	443 556	295 408 296	25,8070	8,7329	1,50150	2,8235	2 092	348 368
667	444 889	296 740 963	25,8263	8,7373	1,49925	2,8241	2 095	349 415
668	446 224	298 077 632	25,8457	8,7416	1,49701	2,8248	2 099	350 464
669	447 561	299 418 309	25,8650	8,7460	1,49477	2,8254	2 102	351 514
670	448 900	300 763 000	25,8844	8,7503	1,49254	2,8261	2 105	352 565
671	450 241	302 111 711	25,9037	8,7547	1,49031	2,8267	2 108	353 618
672	451 584	303 464 448	25,9230	8,7590	1,48810	2,8274	2 111	354 673
673	452 929	304 821 217	25,9422	8,7634	1,48588	2,8280	2 114	355 730
674	454 276	306 182 024	25,9615	8,7677	1,48368	2,8287	2 117	356 788
675	455 625	307 546 875	25,9808	8,7721	1,48148	2,8293	2 121	357 847
676	456 976	308 915 776	26,0000	8,7764	1,47929	2,8299	2 124	358 908
677	458 329	310 288 733	26,0192	8,7807	1,47710	2,8306	2 127	359 971
678	459 684	311 665 752	26,0384	8,7850	1,47493	2,8312	2 130	361 035
679	461 041	313 046 839	26,0576	8,7893	1,47275	2,8319	2 133	362 101
680	462 400	314 432 000	26,0768	8,7937	1,47059	2,8325	2 136	363 168
681	463 761	315 821 241	26,0960	8,7980	1,46843	2,8331	2 139	364 237
682	465 124	317 214 568	26,1151	8,8023	1,46628	2,8338	2 143	365 308
683	466 489	318 611 987	26,1343	8,8066	1,46413	2,8344	2 146	366 380
684	467 856	320 013 504	26,1534	8,8109	1,46199	2,8351	2 149	367 453
685	469 225	321 419 125	26,1725	8,8152	1,45985	2,8357	2 152	368 528
686	470 596	322 828 856	26,1916	8,8194	1,45773	2,8363	2 155	369 605
687	471 969	324 242 703	26,2107	8,8237	1,45560	2,8370	2 158	370 684
688	473 344	325 660 672	26,2298	8,8280	1,45349	2,8376	2 161	371 764
689	474 721	327 082 769	26,2488	8,8323	1,45138	2,8382	2 165	372 845
690	476 100	328 509 000	26,2679	8,8366	1,44928	2,8388	2 168	373 928
691	477 481	329 939 371	26,2869	8,8408	1,44718	2,8395	2 171	375 013
692	478 864	331 373 888	26,3059	8,8451	1,44509	2,8401	2 174	376 099
693	480 249	332 812 557	26,3249	8,8493	1,44300	2,8407	2 177	377 187
694	481 636	334 255 384	26,3439	8,8536	1,44092	2,8414	2 180	378 276
695	483 025	335 702 375	26,3629	8,8578	1,43885	2,8420	2 183	379 367
696	484 416	337 153 536	26,3818	8,8621	1,43678	2,8426	2 187	380 460
697	485 809	338 608 873	26,4008	8,8663	1,43472	2,8432	2 190	381 553
698	487 204	340 068 392	26,4197	8,8706	1,43266	2,8439	2 193	382 649
699	488 601	341 532 099	26,4386	8,8748	1,43062	2,8445	2 196	383 746
700	490 000	343 000 000	26,4575	8,8790	1,42857	2,8451	2 199	384 845

TABLA I *(continuación).*

Cuadrado, cubo, raíces cuadrada y cúbica, valor recíproco, logaritmo vulgar o decimal, circunferencia y círculo para $n = 1$ a 1000.

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$1000 . \frac{1}{n}$	$\log n$	πn	$\frac{1}{4} \pi n^2$
701	491 401	344 472 101	26,4764	8,8833	1,42653	2,8457	2 202	385 945
702	492 804	345 948 408	26,4953	8,8875	1,42450	2,8463	2 205	387 047
703	494 209	347 428 927	26,5141	8,8917	1,42248	2,8470	2 209	388 151
704	495 616	348 913 664	26,5330	8,8959	1,42045	2,8476	2 212	389 256
705	497 025	350 402 625	26,5518	8,9001	1,41844	2,8482	2 215	390 363
706	498 436	351 895 816	26,5707	8,9043	1,41643	2,8488	2 218	391 471
707	499 849	353 393 243	26,5895	8,9085	1,41443	2,8494	2 221	392 580
708	501 264	354 894 912	26,6083	8,9127	1,41243	2,8500	2 224	393 692
709	502 681	356 400 829	26,6271	8,9169	1,41044	2,8506	2 227	394 805
710	504 100	357 911 000	26,6458	8,9211	1,40845	2,8513	2 231	395 919
711	505 521	359 425 431	26,6646	8,9253	1,40647	2,8519	2 234	397 035
712	506 944	360 944 128	26,6833	8,9295	1,40449	2,8525	2 237	398 153
713	508 369	362 467 097	26,7021	8,9337	1,40252	2,8531	2 240	399 272
714	509 796	363 994 344	26,7208	8,9378	1,40056	2,8537	2 243	400 393
715	511 225	365 525 875	26,7395	8,9420	1,39860	2,8543	2 246	401 515
716	512 656	367 061 696	26,7582	8,9462	1,39665	2,8549	2 249	402 639
717	514 089	368 601 813	26,7769	8,9503	1,39470	2,8555	2 253	403 765
718	515 524	370 146 232	26,7955	8,9545	1,39276	2,8561	2 256	404 892
719	516 961	371 694 959	26,8142	8,9587	1,39082	2,8567	2 259	406 020
720	518 400	373 248 000	26,8328	8,9628	1,38889	2,8573	2 262	407 150
721	519 841	374 805 361	26,8514	8,9670	1,38696	2,8579	2 265	408 282
722	521 284	376 367 048	26,8701	8,9711	1,38504	2,8585	2 268	409 415
723	522 729	377 933 067	26,8887	8,9752	1,38313	2,8591	2 271	410 550
724	524 176	379 503 424	26,9072	8,9794	1,38122	2,8597	2 275	411 687
725	525 625	381 078 125	26,9258	8,9835	1,37931	2,8603	2 278	412 825
726	527 076	382 657 176	26,9444	8,9876	1,37741	2,8609	2 281	413 965
727	528 529	384 240 583	26,9629	8,9918	1,37552	2,8615	2 284	415 106
728	529 984	385 828 352	26,9815	8,9959	1,37363	2,8621	2 287	416 248
729	531 441	387 420 489	27,0000	9,0000	1,37174	2,8627	2 290	417 393
730	532 900	389 017 000	27,0185	9,0041	1,36986	2,8633	2 293	418 539
731	534 361	390 617 891	27,0370	9,0082	1,36799	2,8639	2 297	419 686
732	535 824	392 223 168	27,0555	9,0123	1,36612	2,8645	2 300	420 835
733	537 289	393 832 837	27,0740	9,0164	1,36426	2,8651	2 303	421 986
734	538 756	395 446 904	27,0924	9,0205	1,36240	2,8657	2 306	423 138
735	540 225	397 065 375	27,1109	9,0246	1,36054	2,8663	2 309	424 292
736	541 696	398 688 256	27,1293	9,0287	1,35870	2,8669	2 312	425 447
737	543 169	400 315 553	27,1477	9,0328	1,35685	2,8675	2 315	426 604
738	544 644	401 947 272	27,1662	9,0369	1,35501	2,8681	2 318	427 762
739	546 121	403 583 419	27,1846	9,0410	1,35318	2,8686	2 322	428 922
740	547 600	405 224 000	27,2029	9,0450	1,35135	2,8692	2 325	430 084
741	549 081	406 869 021	27,2213	9,0491	1,34953	2,8698	2 328	431 247
742	550 564	408 518 488	27,2397	9,0532	1,34771	2,8704	2 331	432 412
743	552 049	410 172 407	27,2580	9,0572	1,34590	2,8710	2 334	433 578
744	553 536	411 830 784	27,2764	9,0613	1,34409	2,8716	2 337	434 746
745	555 025	413 493 625	27,2947	9,0654	1,34228	2,8722	2 340	435 916
746	556 516	415 160 936	27,3130	9,0694	1,34048	2,8727	2 344	437 087
747	558 009	416 832 723	27,3313	9,0735	1,33869	2,8733	2 347	438 259
748	559 504	418 508 992	27,3496	9,0775	1,33690	2,8739	2 350	439 433
749	561 001	420 189 749	27,3679	9,0816	1,33511	2,8745	2 353	440 609
750	562 500	421 875 000	27,3861	9,0856	1,33333	2,8751	2 356	441 786

TABLA I *(continuación)*.

Cuadrado, cubo, raíces cuadrada y cúbica, valor recíproco, logaritmo vulgar o decimal, circunferencia y círculo para $n = 1$ a 1000.

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$1000 . \frac{1}{n}$	$\log n$	πn	$\frac{1}{4} \pi n^2$
751	564001	423564751	27,4044	9,0896	1,33156	2,8756	2359	442965
752	565504	425259008	27,4226	9,0937	1,32979	2,8762	2362	444146
753	567009	426957777	27,4408	9,0977	1,32802	2,8768	2366	445328
754	568516	428661064	27,4591	9,1017	1,32626	2,8774	2369	446511
755	570025	430368875	27,4773	9,1057	1,32450	2,8779	2372	447697
756	571536	432081216	27,4955	9,1098	1,32275	2,8785	2375	448883
757	573049	433798093	27,5136	9,1138	1,32100	2,8791	2378	450072
758	574564	435519512	27,5318	9,1178	1,31926	2,8797	2381	451262
759	576081	437245479	27,5500	9,1218	1,31752	2,8802	2384	452453
760	577600	438976000	27,5681	9,1258	1,31579	2,8808	2388	453646
761	579121	440711081	27,5862	9,1298	1,31406	2,8814	2391	454841
762	580644	442450728	27,6043	9,1338	1,31234	2,8820	2394	456037
763	582169	444194947	27,6225	9,1378	1,31062	2,8825	2397	457234
764	583696	445943744	27,6405	9,1418	1,30890	2,8831	2400	458434
765	585225	447697125	27,6586	9,1458	1,30719	2,8837	2403	459635
766	586756	449455096	27,6767	9,1498	1,30548	2,8842	2406	460837
767	588289	451217663	27,6948	9,1537	1,30378	2,8848	2410	462041
768	589824	452984832	27,7128	9,1577	1,30208	2,8854	2413	463247
769	591361	454756609	27,7308	9,1617	1,30039	2,8859	2416	464454
770	592900	456533000	27,7489	9,1657	1,29870	2,8865	2419	465663
771	594441	458314011	27,7669	9,1696	1,29702	2,8871	2422	466873
772	595984	460099648	27,7849	9,1736	1,29534	2,8876	2425	468085
773	597529	461889917	27,8029	9,1775	1,29366	2,8882	2428	469298
774	599076	463684824	27,8209	9,1815	1,29199	2,8887	2432	470513
775	600625	465484375	27,8388	9,1855	1,29032	2,8893	2435	471730
776	602176	467288576	27,8568	9,1894	1,28866	2,8899	2438	472948
777	603729	469097433	27,8747	9,1933	1,28700	2,8904	2441	474168
778	605284	470910952	27,8927	9,1973	1,28535	2,8910	2444	475389
779	606841	472729139	27,9106	9,2012	1,28370	2,8915	2447	476612
780	608400	474552000	27,9285	9,2052	1,28205	2,8921	2450	477836
781	609961	476379541	27,9464	9,2091	1,28041	2,8927	2454	479062
782	611524	478211768	27,9643	9,2130	1,27877	2,8932	2457	480290
783	613089	480048687	27,9821	9,2170	1,27714	2,8938	2460	481519
784	614656	481890304	28,0000	9,2209	1,27551	2,8943	2463	482750
785	616225	483736625	28,0179	9,2248	1,27389	2,8949	2466	483982
786	617796	485587656	28,0357	9,2287	1,27226	2,8954	2469	485216
787	619369	487443403	28,0535	9,2326	1,27065	2,8960	2472	486451
788	620944	489303872	28,0713	9,2365	1,26904	2,8965	2476	487688
789	622521	491169069	28,0891	9,2404	1,26743	2,8971	2479	488927
790	624100	493039000	28,1069	9,2443	1,26582	2,8976	2482	490167
791	625681	494913671	28,1247	9,2482	1,26422	2,8982	2485	491409
792	627264	496793088	28,1425	9,2521	1,26263	2,8987	2488	492652
793	628849	498677257	28,1603	9,2560	1,26103	2,8993	2491	493897
794	630436	500566184	28,1780	9,2599	1,25945	2,8998	2494	495143
795	632025	502459875	28,1957	9,2638	1,25786	2,9004	2498	496391
796	633616	504358336	28,2135	9,2677	1,25628	2,9009	2501	497641
797	635209	506261573	28,2312	9,3716	1,25471	2,9015	2504	498892
798	636804	508169592	28,2489	9,2754	1,25313	2,9020	2507	500145
799	638401	510082399	28,2666	9,2793	1,25156	2,9025	2510	501399
800	640000	512000000	28,2843	9,2832	1,25000	2,9031	2513	502655

TABLA I *(continuación).*

Cuadrado, cubo, raíces cuadrada y cúbica, valor recíproco, logaritmo vulgar o decimal, circunferencia y círculo para $n = 1$ a 1000.

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$1000 \cdot \frac{1}{n}$	$\log n$	πn	$\frac{1}{4}\pi n^2$
801	641601	513922401	28,3019	9,2870	1,24844	2,9036	2516	503912
802	643204	515849608	28,3196	9,2909	1,24688	2,9042	2520	505171
803	644809	517781627	28,3373	9,2948	1,24533	2,9047	2523	506432
804	646416	519718464	28,3549	9,2986	1,24378	2,9053	2526	507694
805	648025	521660125	28,3725	9,3025	1,24224	2,9058	2529	508958
806	649636	523606616	28,3901	9,3063	1,24069	2,9063	2532	510223
807	651249	525557943	28,4077	9,3102	1,23916	2,9069	2535	511490
808	652864	527514112	28,4253	9,3140	1,23762	2,9074	2538	512758
809	654481	529475129	28,4429	9,3179	1,23609	2,9079	2542	514028
810	656100	531441000	28,4605	9,3217	1,23457	2,9085	2545	515300
811	657721	533411731	28,4781	9,3255	1,23305	2,9090	2548	516573
812	659344	535387328	28,4956	9,3294	1,23153	2,9096	2551	517848
813	660969	537367797	28,5132	9,3332	1,23001	2,9101	2554	519124
814	662596	539353144	28,5307	9,3370	1,22850	2,9106	2557	520402
815	664225	541343375	28,5482	9,3408	1,22699	2,9112	2560	521681
816	665856	543338496	28,5657	9,3447	1,22549	2,9117	2564	522962
817	667489	545338513	28,5832	9,3485	1,22399	2,9122	2567	524245
818	669124	547343432	28,6007	9,3523	1,22249	2,9128	2570	525529
819	670761	549353259	28,6182	9,3561	1,22100	2,9133	2573	526814
820	672400	551368000	28,6356	9,3599	1,21951	2,9138	2576	528102
821	674041	553387661	28,6531	9,3637	1,21803	2,9143	2579	529391
822	675684	555412248	28,6705	9,3675	1,21655	2,9149	2582	530681
823	677329	557441767	28,6880	9,3713	1,21507	2,9154	2586	531973
824	678976	559476224	28,7054	9,3751	1,21359	2,9159	2589	533267
825	680625	561515625	28,7228	9,3789	1,21212	2,9165	2592	534562
826	682276	563559976	28,7402	9,3827	1,21065	2,9170	2595	535858
827	683929	565609283	28,7576	9,3865	1,20919	2,9175	2598	537157
828	685584	567663552	28,7750	9,3902	1,20773	2,9180	2601	538456
829	687241	569722789	28,7924	9,3940	1,20627	2,9186	2604	539758
830	688900	571787000	28,8097	9,3978	1,20482	2,9191	2608	541061
831	690561	573856191	28,8271	9,4016	1,20337	2,9196	2611	542365
832	692224	575930368	28,8444	9,4053	1,20192	2,9201	2614	543671
833	693889	578009537	28,8617	9,4091	1,20048	2,9206	2617	544979
834	695556	580093704	28,8791	9,4129	1,19904	2,9212	2620	546288
835	697225	582182875	28,8964	9,4166	1,19760	2,9217	2623	547599
836	698896	584277056	28,9137	9,4204	1,19617	2,9222	2626	548912
837	700569	586376253	28,9310	9,4241	1,19474	2,9227	2630	550226
838	702244	588480472	28,9482	9,4279	1,19332	2,9232	2633	551541
839	703921	590589719	28,9655	9,4316	1,19190	2,9238	2636	552858
840	705600	592704000	28,9828	9,4354	1,19048	2,9243	2639	554177
841	707281	594823321	29,0000	9.4391	1,18906	2,9248	2642	555497
842	708964	596947688	29,0172	9,4429	1,18765	2,9253	2645	556819
843	710649	599077107	29,0345	9,4466	1,18624	2,9258	2648	558142
844	712336	601211584	29,0517	9,4503	1,18483	2,9263	2652	559467
845	714025	603351125	29,0689	9,4541	1,18343	2,9269	2655	560794
846	715716	605495736	29,0861	9,4578	1,18203	2,9274	2658	562122
847	717409	607645423	29,1033	9,4615	1,18064	2,9279	2661	563452
848	719104	609800192	29,1204	9,4652	1,17925	2,9284	2664	564783
849	720801	611960049	29,1376	9,4690	1,17786	2,9289	2667	566116
850	722500	614125000	29,1548	9,4727	1,17647	2,9294	2670	567450

TABLA I *(continuación)*.

Cuadrado, cubo, raíces cuadrada y cúbica, valor recíproco, logaritmo vulgar o decimal, circunferencia y círculo para $n = 1$ a 1000.

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$1000 \cdot \frac{1}{n}$	$\log n$	πn	$\frac{1}{4} \pi n^2$
851	724 201	616 295 051	29,1719	9,4764	1,17509	2,9299	2 673	568 786
852	725 904	618 470 208	29,1890	9,4801	1,17371	2,9304	2 677	570 124
853	727 609	620 650 477	29,2062	9,4838	1,17233	2,9309	2 680	571 463
854	729 316	622 835 864	29,2233	9,4875	1,17096	2,9315	2 683	572 803
855	731 025	625 026 375	29,2404	9,4912	1,16959	2,9320	2 686	574 146
856	732 736	627 222 016	29,2575	9,4949	1,16822	2,9325	2 689	575 490
857	734 449	629 422 793	29,2746	9,4986	1,16686	2,9330	2 692	576 835
858	736 164	631 628 712	29,2916	9,5023	1,16550	2,9335	2 695	578 182
859	737 881	633 839 779	29,3087	9,5060	1,16414	2,9340	2 699	579 530
860	739 600	636 056 000	29,3258	9,5097	1,16279	2,9345	2 702	580 880
861	741 321	638 277 381	29,3428	9,5134	1,16144	2,9350	2 705	582 232
862	743 044	640 503 928	29,3598	9,5171	1,16009	2,9355	2 708	583 585
863	744 769	642 735 647	29,3769	9,5207	1,15875	2,9360	2 711	584 940
864	746 496	644 972 544	29,3939	9,5244	1,15741	2,9365	2 714	586 297
865	748 225	647 214 625	29,4109	9,5281	1,15607	2,9370	2 717	587 655
866	749 956	649 461 896	29,4279	9,5317	1,15473	2,9375	2 721	589 014
867	751 689	651 714 363	29,4449	9,5354	1,15340	2,9380	2 724	590 375
868	753 424	653 972 032	29,4618	9,5391	1,15207	2,9385	2 727	591 738
869	755 161	656 234 909	29,4788	9,5427	1,15075	2,9390	2 730	593 102
870	756 900	658 503 000	29,4958	9,5464	1,14943	2,9395	2 733	594 468
871	758 641	660 776 311	29,5127	9,5501	1,14811	2,9400	2 736	595 835
872	760 384	663 054 848	29,5296	9,5537	1,14679	2,9405	2 739	597 204
873	762 129	665 338 617	29,5466	9,5574	1,14548	2,9410	2 743	598 575
874	763 876	667 627 624	29,5635	9,5610	1,14416	2,9415	2 746	599 947
875	765 625	669 921 875	29,5804	9,5647	1,14286	2,9420	2 749	601 320
876	767 376	672 221 376	29,5973	9,5683	1,14155	2,9425	2 752	602 696
877	769 129	674 526 133	29,6142	9,5719	1,14025	2,9430	2 755	604 073
878	770 884	676 836 152	29,6311	9,5756	1,13895	2,9435	2 758	605 451
879	772 641	679 151 439	29,6479	9,5792	1,13766	2,9440	2 761	606 831
880	774 400	681 472 000	29,6648	9,5828	1,13636	2,9445	2 765	608 212
881	776 161	683 797 841	29,6816	9.5865	1,13507	2,9450	2 768	609 595
882	777 924	686 128 968	29,6985	9,5901	1.13379	2,9455	2 771	610 980
883	779 689	688 465 387	29,7153	9,5937	1,13250	2,9460	2 774	612 366
884	781 456	690 807 104	29,7321	9,5973	1,13122	2,9465	2 777	613 754
885	783 225	693 154 125	29,7489	9,6010	1,12994	2,9469	2 780	615 143
886	784 996	695 506 456	29,7658	9,6046	1,12867	2,9474	2 783	616 534
887	786 769	697 864 103	29,7825	9,6082	1,12740	2,9479	2 787	617 927
888	788 544	700 227 072	29,7993	9,6118	1,12613	2,9484	2 790	619 321
889	790 321	702 595 369	29,8161	9,6154	1,12486	2,9489	2 793	620 717
890	792 100	704 969 000	29,8329	9,6190	1,12360	2,9494	2 796	622 114
891	793 881	707 347 971	29,8496	9,6226	1,12233	2,9499	2 799	623 513
892	795 664	709 732 288	29,8664	9,6262	1,12108	2,9504	2 802	624 913
893	797 449	712 121 957	29,8831	9,6298	1,11982	2,9509	2 805	626 315
894	799 236	714 516 984	29,8998	9,6334	1,11857	2,9513	2 809	627 718
895	801 025	716 917 375	29,9166	9,6370	1,11732	2,9518	2 812	629 124
896	802 816	719 323 136	29,9333	9,6406	1,11607	2,9523	2 815	630 530
897	804 609	721 734 273	29,9500	9,6442	1,11483	2,9528	2 818	631 938
898	806 404	724 150 792	29,9666	9,6477	1,11359	2,9533	2 821	633 348
899	808 201	726 572 699	29.9833	9,6513	1,11235	2,9538	2 824	634 760
900	810 000	729 000 000	30,0000	9,6549	1,11111	2,9542	2 827	636 173

TABLA I *(continuación).*

Cuadrado, cubo, raíces cuadrada y cúbica, valor recíproco, logaritmo vulgar o decimal, circunferencia y círculo para $n = 1$ a 1000.

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$1000.\frac{1}{n}$	$\log n$	πn	$\frac{1}{4}\pi n^2$
901	811 801	731 432 701	30,0167	9,6585	1,10988	2,9547	2 831	637 587
902	813 604	733 870 808	30,0333	9,6620	1,10865	2,9552	2 834	639 003
903	815 409	736 314 327	30,0500	9,6656	1,10742	2,9557	2 837	640 421
904	817 216	738 763 264	30,0666	9,6692	1,10619	2,9562	2 840	641 840
905	819 025	741 217 625	30,0832	9,6727	1,10497	2,9566	2 843	643 261
906	820 836	743 677 416	30,0998	9,6763	1,10375	2,9571	2 846	644 683
907	822 649	746 142 643	30,1164	9,6799	1,10254	2,9576	2 849	646 107
908	824 464	748 613 312	30,1330	9,6834	1,10132	2,9581	2 853	647 533
909	826 281	751 089 429	30,1496	9,6870	1,10011	2,9586	2 856	648 960
910	828 100	753 571 000	30,1662	9,6905	1,09890	2,9590	2 859	650 388
911	829 921	756 058 031	30,1828	9,6941	1,09769	2,9595	2 862	651 818
912	831 744	758 550 528	30,1993	9,6976	1,09649	2,9600	2 865	653 250
913	833 569	761 048 497	30,2159	9,7012	1,09529	2,9605	2 868	654 684
914	835 396	763 551 944	30,2324	9,7047	1,09409	2,9609	2 871	656 118
915	837 225	766 060 875	30,2490	9,7082	1,09290	2,9614	2 875	657 555
916	839 056	768 575 296	30,2655	9,7118	1,09170	2,9619	2 878	658 993
917	840 889	771 095 213	30,2820	9,7153	1,09051	2,9624	2 881	660 433
918	842 724	773 620 632	30,2985	9,7188	1,08932	2,9628	2 884	661 874
919	844 561	776 151 559	30.3150	9,7224	1,08814	2,9633	2 887	663 317
920	846 400	778 688 000	30,3315	9,7259	1,08696	2,9638	2 890	664 761
921	848 241	781 229 961	30,3480	9,7294	1,08578	2,9643	2 893	666 207
922	850 084	783 777 448	30,3645	9,7329	1,08460	2,9647	2 897	667 654
923	851 929	786 330 467	30,3809	9,7364	1,08342	2,9652	2 900	669 103
924	853 776	788 889 024	30,3974	9,7400	1,08225	2,9657	2 903	670 554
925	855 625	791 453 125	30,4138	9,7435	1,08108	2,9661	2 906	672 006
926	857 476	794 022 776	30,4302	9,7470	1,07991	2,9666	2 909	673 460
927	859 329	796 597 983	30,4467	9,7505	1,07875	2,9671	2 912	674 915
928	861 184	799 178 752	30,4631	9,7540	1,07759	2,9675	2 915	676 372
929	863 041	801 765 089	30,4795	9,7575	1,07643	2,9680	2 919	677 831
930	864 900	804 357 000	30,4959	9,7610	1,07527	2,9685	2 922	679 291
931	866 761	806 954 491	30,5123	9,7645	1,07411	2,9689	2 925	680 752
932	868 624	809 557 568	30,5287	9,7680	1,07296	2,9694	2 928	682 216
933	870 489	812 166 237	30,5450	9,7715	1,07181	2,9699	2 931	683 680
934	872 356	814 780 504	30,5614	9,7750	1,07066	2,9703	2 934	685 147
935	874 225	817 400 375	30,5778	9,7785	1,06952	2,9708	2 937	686 615
936	876 096	820 025 856	30,5941	9,7819	1,06838	2,9713	2 941	688 084
937	877 969	822 656 953	30,6105	9,7854	1,06724	2,9717	2 944	689 555
938	879 844	825 293 672	30,6268	9,7889	1,06610	2,9722	2 947	691 028
939	881 721	827 936 019	30,6431	9,7924	1,06496	2,9727	2 950	692 502
940	883 600	830 584 000	30,6594	9,7959	1,06383	2,9731	2 953	693 978
941	885 481	833 237 621	30,6757	9,7993	1,06270	2,9736	2 956	695 455
942	887 364	835 896 888	30,6920	9,8028	1,06157	2,9741	2 959	696 934
943	889 249	838 561 807	30,7083	9,8063	1,06045	2,9745	2 963	698 415
944	891 136	841 232 384	30,7246	9,8097	1,05932	2,9750	2 966	699 897
945	893 025	843 908 625	30,7409	9,8132	1,05820	2,9754	2 969	701 380
946	894 916	846 590 536	30,7571	9,8167	1,05708	2,9759	2 972	702 865
947	896 809	849 278 123	30,7734	9,8201	1,05597	2,9763	2 975	704 352
948	898 704	851 971 392	30,7896	9,8236	1,05485	2,9768	2 978	705 840
949	900 601	854 670 349	30,8058	9,8270	1,05374	2,9773	2 981	707 330
950	902 500	857 375 000	30,8221	9,8305	1,05263	2,9777	2 985	708 822

TABLA I *(conclusión).*

Cuadrado, cubo, raíces cuadrada y cúbica, valor recíproco, logaritmo vulgar o decimal, circunferencia y círculo para $n = 1$ a 1000.

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$1000.\frac{1}{n}$	$\log n$	πn	$\frac{1}{4}\pi n^2$
951	904401	860085351	30,8383	9,8339	1,05152	2,9782	2988	710315
952	906304	862801408	30,8545	9,8374	1,05042	2,9786	2991	711809
953	908209	865523177	30,8707	9,8408	1,04932	2,9791	2994	713306
954	910116	868250664	30,8869	9,8443	1,04822	2,9795	2997	714803
955	912025	870983875	30,9031	9,8477	1,04712	2,9800	3000	716303
956	913936	873722816	30,9192	9,8511	1,04603	2,9805	3003	717804
957	915849	876467493	30,9354	9,8546	1,04493	2,9800	3007	719306
958	917764	879217912	30,9516	9,8580	1,04384	2,9814	3010	720810
959	919681	881974079	30,9677	9,8614	1,04275	2,9818	3013	722316
960	921600	884736000	30,9839	9,8648	1,04167	2,9823	3016	723823
961	923521	887503681	31,0000	9,8683	1,04058	2,9827	3019	725332
962	925444	890277128	31,0161	9,8717	1,03950	2,9832	3022	726842
963	927369	893056347	31,0322	9,8751	1,03832	2,9836	3025	728354
964	929296	895841344	31,0483	9,8785	1,03734	2,9841	3028	729867
965	931225	898632125	31,0644	9,8819	1,03627	2,9845	3032	731382
966	933156	901428696	31,0805	9,8854	1,03520	2,9850	3035	732899
967	935089	904231063	31,0966	9,8888	1,03413	2,9854	3038	734417
968	937024	907039232	31,1127	9,8922	1,03306	2,9859	3041	735937
969	938961	909853209	31,1288	9,8956	1,03199	2,9863	3044	737458
970	940900	912673000	31,1448	9,8990	1,03093	2,9868	3047	738981
971	942841	915498611	31,1609	9,9024	1,02987	2,9872	3050	740506
972	944784	918330048	31,1769	9,9058	1,02881	2,9877	3054	742032
973	946729	921167317	31,1929	9,9092	1,02775	2,9881	3057	743559
974	948676	924010424	31,2090	9.9126	1,02669	2,9886	3060	745088
975	950625	926859375	31,2250	9,9160	1,02564	2,9890	3063	746619
976	952576	929714176	31,2410	9,9194	1,02459	2,9894	3066	748151
977	954529	932574833	31,2570	9,9227	1,02354	2,9899	3069	749685
978	956484	935441352	31,2730	9,9261	1,02249	2,9903	3072	751221
979	958441	938313739	31,2890	9,9295	1,02145	2,9908	3076	752758
980	960400	941192000	31,3050	9,9329	1,02041	2,9912	3079	754296
981	962361	944076141	31,3209	9,9363	1,01937	2,9917	3082	755837
982	964324	946966168	31,3369	9,9396	1,01833	2,9921	3085	757378
983	966289	949862087	31,3528	9,9430	1,01729	2,9926	3088	758922
984	968256	952763904	31,3688	9,9464	1,01626	2,9930	3091	760466
985	970225	955671625	31,3847	9,9497	1,01523	2,9934	3094	762013
986	972196	958585256	31,4006	9,9531	1,01420	2,9939	3098	763561
987	974169	961504803	31,4166	9,9565	1,01317	2,9943	3101	765111
988	976144	964430272	31,4325	9,9598	1,01215	2,9948	3104	766662
989	978121	967361669	31,4484	9,9632	1,01112	2,9952	3107	768214
990	980100	970299000	31,4643	9,9666	1,01010	2,9956	3110	769769
991	982081	973242271	31,4802	9,9699	1,00908	2,9961	3113	771325
992	984064	976191488	31,4960	9,9733	1,00806	2,9965	3116	772882
993	986049	979146657	31,5119	9.9766	1,00705	2,9969	3120	774441
994	988036	982107784	31,5278	9.9800	1,00604	2,9974	3123	776002
995	990025	985074875	31,5436	9,9833	1,00503	2,9978	3126	777564
996	992016	988047936	31,5595	9,9866	1,00402	2,9983	3129	779128
997	994009	991026973	31,5753	9,9900	1,00301	2,9987	3132	780693
998	996004	994011992	31,5911	9,9933	1,00200	2,9991	3135	782260
999	998001	997002999	31,6070	9,9967	1,00100	2,9996	3138	783828
1000	1000000	1000000000	31,6228	10,0000	1,00000	3,0000	3142	785398

TABLA II.

Líneas trigonométricas naturales.

GRADOS	SENO							
	0′	10′	20′	30′	40′	50′	60′	
0	0,00000	0,00291	0,00582	0,00873	0,01164	0,01454	0,01745	89
1	0 01745	0,02036	0,02327	0,02618	0,02908	0,03199	0,03490	88
2	0,03490	0,03781	0,04071	0,04362	0,04653	0,04943	0,05234	87
3	0,05234	0,05524	0,05814	0,06105	0,06395	0,06685	0,06976	86
4	0,06976	0,07266	0,07556	0,07846	0,08136	0,08426	0,08716	85
5	0,08716	0,09005	0,09295	0,09585	0,09874	0,10164	0,10453	84
6	0,10453	0,10742	0,11031	0,11320	0,11609	0,11898	0,12187	83
7	0,12187	0,12476	0,12764	0,13053	0,13341	0,13629	0,13917	82
8	0,13917	0,14205	0,14493	0,14781	0,15069	0,15356	0,15643	81
9	0,15643	0,15931	0,16218	0,16505	0,16792	0,17078	0,17365	80
10	0,17365	0,17651	0,17937	0,18224	0,18509	0,18795	0,19081	79
11	0,19081	0,19366	0,19652	0,19937	0,20222	0,20507	0,20791	78
12	0,20791	0,21076	0,21360	0,21644	0,21928	0,22212	0,22495	77
13	0,22495	0,22778	0,23062	0,23345	0,23627	0,23910	0,24192	76
14	0,24192	0,24474	0,24756	0,25038	0,25320	0,25601	0,25882	75
15	0,25882	0,26163	0,26443	0,26724	0,27004	0,27284	0,27564	74
16	0,27564	0,27843	0,28123	0,28402	0,28680	0 28959	0,29237	73
17	0,29237	0,29515	0,29793	0,30071	0,30348	0,30625	0,30902	72
18	0,30902	0,31178	0,31454	0,31730	0,32006	0,32282	0,32557	71
19	0,32557	0,32832	0,33106	0,33381	0,33655	0,33929	0,34202	70
20	0,34202	0,34475	0,34748	0,35021	0,35293	0,35565	0,35837	69
21	0,35837	0,36108	0,36379	0,36650	0,36921	0,37191	0,37461	68
22	0,37461	0,37730	0,37999	0,38268	0,38537	0,38805	0,39073	67
23	0,39073	0,39341	0,39608	0,39875	0,40142	0,40408	0,40674	66
24	0,40674	0,40939	0,41204	0,41469	0,41734	0,41998	0,42262	65
25	0,42262	0,42525	0,42788	0,43051	0,43313	0,43575	0,43837	64
26	0,43837	0,44098	0,44359	0,44620	0,44880	0,45140	0,45399	63
27	0,45399	0,45658	0,45917	0,46175	0,46433	0,46690	0,46947	62
28	0,46947	0,47204	0,47460	0,47716	0,47971	0,48226	0,48481	61
29	0,48481	0,48735	0,48989	0,49242	0,49495	0,49748	0,50000	60
30	0,50000	0,50252	0,50503	0 50754	0,51004	0,51254	0,51504	59
31	0,51504	0,51753	0,52002	0,52250	0,52498	0,52745	0,52992	58
32	0,52992	0,53238	0,53484	0,53730	0,53975	0,54220	0,54464	57
33	0,54464	0,54708	0,54951	0,55194	0,55436	0,55678	0,55919	56
34	0,55919	0,56160	0,56401	0,56641	0,56880	0,57119	0,57358	55
35	0,57358	0,57596	0,57833	0,58070	0,58307	0,58543	0,58779	54
36	0,58779	0,59014	0,59248	0,59482	0,59716	0,59949	0,60182	53
37	0,60182	0,60414	0,60645	0,60876	0,61107	0,61337	0,61566	52
38	0,61566	0,61795	0,62024	0,62251	0,62479	0,62706	0,62932	51
39	0,62932	0,63158	0,63383	0,63608	0,63832	0,64056	0,64279	50
40	0,64279	0,64501	0,64723	0,64945	0,65166	0,65386	0,65606	49
41	0,65606	0,65825	0,66044	0,66262	0,66480	0,66697	0,66913	48
42	0,66913	0,67129	0,67344	0.67559	0,67773	0,67987	0,68200	47
43	0,68200	0,68412	0,68624	0,68835	0,69046	0,69256	0,69466	46
44	0,69466	0,69675	0,69883	0,70091	0,70298	0,70505	0,70711	45
	60′	50′	40′	30′	20′	10′	0′	GRADOS
	COSENO							

TABLA II *(continuación)*.

Líneas trigonométricas naturales.

GRADOS	COSENO							
	0′	10′	20′	30′	40′	50′	60′	
0	1,00000	1,00000	0,99998	0,99996	0,99993	0,99989	0,99985	89
1	0,99985	0,99979	0,99973	0,99966	0,99958	0,99949	0,99939	88
2	0,99939	0,99929	0,99917	0,99905	0,99892	0,99878	0,99863	87
3	0,99863	0,99847	0,99831	0,99813	0,99795	0,99776	0,99756	86
4	0,99756	0,99736	0,99714	0,99692	0,99668	0,99644	0,99619	85
5	0,99619	0,99594	0,99567	0,99540	0,99511	0,99482	0,99452	84
6	0,99452	0,99421	0,99390	0,99357	0,99324	0,99290	0,99255	83
7	0,99255	0,99219	0,99182	0,99144	0,99106	0,99067	0,99027	82
8	0,99027	0,98986	0,98944	0,98902	0,98858	0,98814	0,98769	81
9	0,98769	0,98723	0,98676	0,98629	0,98580	0,98531	0,98481	80
10	0,98481	0,98430	0,98378	0,98325	0,98272	0,98218	0,98163	79
11	0,98163	0,98107	0,98050	0,97992	0,97934	0,97875	0,97815	78
12	0,97815	0,97754	0,97692	0,97630	0,97566	0,97502	0,97437	77
13	0,97437	0,97371	0,97304	0,97237	0,97169	0,97100	0,97030	76
14	0,97030	0,96959	0,96887	0,96815	0,96742	0,96667	0,96593	75
15	0,96593	0,96517	0,96440	0,96363	0,96285	0,96206	0,96126	74
16	0,96126	0,96046	0,95964	0,95882	0,95799	0,95715	0,95630	73
17	0,95630	0,95545	0,95459	0,95372	0,95284	0,95195	0,95106	72
18	0,95106	0,95015	0,94924	0,94832	0,94740	0,94646	0,94552	71
19	0,94552	0,94457	0,94361	0,94264	0,94167	0,94068	0,93969	70
20	0,93969	0,93869	0,93769	0,93667	0,93565	0,93462	0,93358	69
21	0,93358	0,93253	0,93148	0,93042	0,92935	0,92827	0,92718	68
22	0,92718	0,92609	0,92499	0,92388	0,92276	0,92164	0,92050	67
23	0,92050	0,91936	0,91822	0,91706	0,91590	0,91472	0,91355	66
24	0,91355	0,91236	0,91116	0,90996	0,90875	0,90753	0,90631	65
25	0,90631	0,90507	0,90383	0,90259	0,90133	0,90007	0,89879	64
26	0,89879	0,89752	0,89623	0,89493	0,89363	0,89232	0,89101	63
27	0,89101	0,88968	0,88835	0,88701	0,88566	0,88431	0,88295	62
28	0,88295	0,88158	0,88020	0,87882	0,87743	0,87603	0,87462	61
29	0,87462	0,87321	0,87178	0,87036	0,86892	0,86748	0,86603	60
30	0,86603	0,86457	0,86310	0,86163	0,86015	0,85866	0,85717	59
31	0,85717	0,85567	0,85416	0,85264	0,85112	0,84959	0,84805	58
32	0,84805	0,84650	0,84495	0,84339	0,84182	0,84025	0,83867	57
33	0,83867	0,83708	0,83549	0,83389	0,83228	0,83066	0,82904	56
34	0,82904	0,82741	0,82577	0,82413	0,82248	0,82082	0,81915	55
35	0,81915	0,81748	0,81580	0,81412	0,81242	0,81072	0,80902	54
36	0,80902	0,80730	0,80558	0,80386	0,80212	0,80038	0,79864	53
37	0,79864	0,79688	0,79512	0,79335	0,79158	0,78980	0,78801	52
38	0,78801	0,78622	0,78442	0,78261	0,78079	0,77897	0,77715	51
39	0,77715	0,77531	0,77347	0,77162	0,76977	0,76791	0,76604	50
40	0,76604	0,76417	0,76229	0,76041	0,75851	0,75661	0,75471	49
41	0,75471	0,75280	0,75088	0,74896	0,74703	0,74509	0,74314	48
42	0,74314	0,74120	0,73924	0,73728	0,73531	0,73333	0,73135	47
43	0,73135	0,72937	0,72737	0,72537	0,72337	0,72136	0,71934	46
44	0,71934	0,71732	0,71529	0,71325	0,71121	0,70916	0,70711	45
	60′	50′	40′	30′	20′	10′	0′	GRADOS
	SENO							

TABLA II *(continuación)*.

Líneas trigonométricas naturales.

GRADOS	TANGENTE							
	0'	10'	20'	30'	40'	50'	60'	
0	0,00000	0,00291	0,00582	0,00873	0,01164	0,01455	0,01746	89
1	0,01746	0,02036	0,02328	0,02619	0,02910	0,03201	0,03492	88
2	0,03492	0,03783	0,04075	0,04366	0,04658	0,04949	0,05241	87
3	0,05241	0,05533	0,05824	0,06116	0,06408	0,06700	0,06993	86
4	0,06993	0,07285	0,07578	0,07870	0,08163	0,08456	0,08749	85
5	0,08749	0,09042	0,09335	0,09629	0,09923	0,10216	0,10510	84
6	0,10510	0,10805	0,11099	0,11394	0,11688	0,11983	0,12278	83
7	0,12278	0,12574	0,12869	0,13165	0,13461	0,13758	0,14054	82
8	0,14054	0,14351	0,14648	0,14945	0,15243	0,15540	0,15838	81
9	0,15838	0,16137	0,16435	0,16734	0,17033	0,17333	0,17633	80
10	0,17633	0,17933	0,18233	0,18534	0,18835	0,19136	0,19438	79
11	0,19438	0,19740	0,20042	0,20345	0,20648	0,20952	0,21256	78
12	0,21256	0,21560	0,21864	0,22169	0,22475	0,22781	0,23087	77
13	0,23087	0,23393	0,23700	0,24008	0,24316	0,24624	0,24933	76
14	0,24933	0,25242	0,25552	0,25862	0,26172	0,26483	0,26795	75
15	0,26795	0,27107	0,27419	0,27732	0,28046	0,28360	0,28675	74
16	0,28675	0,28990	0,29305	0,29621	0,29938	0,30255	0,30573	73
17	0,30573	0,30891	0,31210	0,31530	0,31850	0,32171	0,32492	72
18	0,32492	0,32814	0,33136	0,33460	0,33783	0,34108	0,34433	71
19	0,34433	0,34758	0,35085	0,35412	0,35740	0,36068	0,36397	70
20	0,36397	0,36727	0,37057	0,37388	0,37720	0,38053	0,38386	69
21	0,38386	0,38721	0,39055	0,39391	0,39727	0,40065	0,40403	68
22	0,40403	0,40741	0,41081	0,41421	0,41763	0,42105	0,42447	67
23	0,42447	0,42791	0,43136	0,43481	0,43828	0,44175	0,44523	66
24	0,44523	0,44872	0,45222	0,45573	0,45924	0,46277	0,46631	65
25	0,46631	0,46985	0,47341	0,47698	0,48055	0,48414	0,48773	64
26	0,48773	0,49134	0,49495	0,49858	0,50222	0,50587	0,50953	63
27	0,50953	0,51320	0,51688	0,52057	0,52427	0,52798	0,53171	62
28	0,53171	0,53545	0,53920	0,54296	0,54673	0,55051	0,55431	61
29	0,55431	0,55812	0,56194	0,56577	0,56962	0,57348	0,57735	60
30	0,57735	0,58124	0,58513	0,58905	0,59297	0,59691	0,60086	59
31	0,60086	0,60483	0,60881	0,61280	0,61681	0,62083	0,62487	58
32	0,62487	0,62892	0,63299	0,63707	0,64117	0,64528	0,64941	57
33	0,64941	0,65355	0,65771	0,66189	0,66608	0,67028	0,67451	56
34	0,67451	0,67875	0,68301	0,68728	0,69157	0,69588	0,70021	55
35	0,70021	0,70455	0,70891	0,71329	0,71769	0,72211	0,72654	54
36	0,72654	0,73100	0,73547	0,73996	0,74447	0,74900	0,75355	53
37	0,75355	0,75812	0,76272	0,76733	0,77196	0,77661	0,78129	52
38	0,78129	0,78598	0,79070	0,79544	0,80020	0,80498	0,80978	51
39	0,80978	0,81461	0,81946	0,82434	0,82923	0,83415	0,83910	50
40	0,83910	0,84407	0,84906	0,85408	0,85912	0,86419	0,86929	49
41	0,86929	0,87441	0,87955	0,88473	0,88992	0,89515	0,90040	48
42	0,90040	0,90569	0,91099	0,91633	0,92170	0,92709	0,93252	47
43	0,93252	0,93797	0,94345	0,94896	0,95451	0,96008	0,96569	46
44	0,96569	0,97133	0,97700	0,98270	0,98843	0,99420	1,00000	45
	60'	50'	40'	30'	20'	10'	0'	
	COTANGENTE							GRADOS

TABLA II *(conclusión)*.

Líneas trigonométricas naturales.

GRADOS	COTANGENTE							
	0′	10′	20′	30′	40′	50′	60′	
0	∞	343,77371	171,88540	114,58865	85,93979	68,75009	57,28996	89
1	57,28996	49,10388	42,96408	38,18846	34,36777	31,24158	28,63625	88
2	28,63625	26,43160	24,54176	22,90377	21,47040	20,20555	19,08114	87
3	19,08114	18,07498	17,16934	16,34986	15,60478	14,92442	14,30067	86
4	14,30067	13,72674	13,19688	12,70621	12,25051	11,82617	11,43005	85
5	11,43005	11,05943	10,71191	10,38540	10,07803	9,78817	9,51436	84
6	9,51436	9,25530	9.00983	8,77689	8,55555	8,34496	8,14435	83
7	8,14435	7,95302	7,77035	7,59575	7,42871	7,26873	7,11537	82
8	7,11537	6,96823	6,82694	6.69116	6,56055	6,43484	6,31375	81
9	6,31375	6,19703	6,08444	5,97576	5,87080	5,76937	5,67128	80
10	5,67128	5,57638	5,48451	5,39552	5,30928	5,22566	5,14455	79
11	5,14455	5,06584	4,98940	4,91516	4,84300	4,77286	4,70463	78
12	4,70463	4,63825	4,57363	4.51071	4,44942	4,38969	4,33148	77
13	4,33148	4,27471	4,21933	4,16530	4,11256	4,06107	4,01078	76
14	4,01078	3,96165	3,91364	3,86671	3,82083	3,77595	3,73205	75
15	3,73205	3,68909	3,64705	3,60588	3,56557	3,52609	3,48741	74
16	3,48741	3,44951	3,41236	3,37594	3,34023	3,30521	3,27085	73
17	3,27085	3,23714	3,20406	3,17159	3,13972	3,10842	3,07768	72
18	3,07768	3,04749	3,01783	2,98869	2,96004	2,93189	2,90421	71
19	2,90421	2,87700	2,85023	2,82391	2,79802	2,77254	2,74748	70
20	2,74748	2,72281	2,69853	2,67462	2,65109	2,62791	2,60509	69
21	2,60509	2,58261	2,56046	2,53865	2,51715	2,49597	2,47509	68
22	2,47509	2,45451	2,43422	2,41421	2,39449	2,37504	2,35585	67
23	2,35585	2,33693	2,31826	2,29984	2,28167	2,26374	2,24604	66
24	2,24604	2 22857	2,21132	2,19430	2,17749	2,16090	2.14451	65
25	2,14451	2,12832	2,11233	2,09654	2,08094	2,06553	2,05030	64
26	2.05030	2,03526	2,02039	2,00569	1,99116	1,97680	1,96261	63
27	1,96261	1,94858	1,93470	1,92098	1.90741	1,89400	1,88073	62
28	1,88073	1,86760	1.85462	1,84177	1.82906	1,81649	1,80405	61
29	1,80405	1,79174	1,77955	1,76749	1,75556	1,74375	1,73205	60
30	1,73205	1,72047	1,70901	1,69766	1,68643	1,67530	1,66428	59
31	1,66428	1,65337	1,64256	1,63185	1,62125	1,61074	1,60033	58
32	1,60033	1,59002	1.57981	1,56969	1,55966	1,54972	1,53987	57
33	1,53987	1,53010	1,52043	1,51084	1,50133	1,49190	1,48256	56
34	1,48256	1,47330	1,46411	1,45501	1,44598	1,43703	1,42815	55
35	1,42815	1,41934	1.41061	1,40195	1,39336	1,38484	1,37638	54
36	1,37638	1,36800	1,35968	1,35142	1,34323	1,33511	1,32704	53
37	1,32704	1,31904	1,31110	1,30323	1,29541	1,28764	1,27994	52
38	1,27994	1,27230	1,26471	1,25717	1,24969	1,24227	1,23490	51
39	1,23490	1,22758	1,22031	1,21310	1,20593	1,19882	1,19175	50
40	1,19175	1,18474	1,17777	1,17085	1,16398	1,15715	1,15037	49
41	1,15037	1,14363	1,13694	1,13029	1,12369	1,11713	1,11061	48
42	1,11061	1,10414	1,09770	1,09131	1,08496	1,07864	1,07237	47
43	1,07237	1,06613	1,05994	1,05378	1,04766	1,04158	1,03553	46
44	1,03553	1,02952	1,02355	1,01761	1,01170	1,00583	1,00000	45
	60′	50′	40′	30′	20′	10′	0′	GRADOS
	TANGENTE							

TABLA III. — Longitud del arco, flecha, cuerda

Ángulo central en grados	Longitud del arco	Flecha	Cuerda	Área del segmento	Ángulo central en grados	Longitud del arco	Flecha	Cuerda	Área del segmento
1	0,0175	0,0000	0.0175	0,00000	51	0,8901	0,0974	0,8610	0,05649
2	0,0349	0,0002	0,0349	0,00000	52	0,9076	0,1012	0,8767	0,05978
3	0,0524	0,0003	0,0524	0,00001	53	0,9250	0,1051	0,8924	0,06319
4	0,0698	0,0006	0,0698	0,00003	54	0,9425	0,1090	0,9080	0,06673
5	0,0873	0,0010	0,0872	0,00006	55	0,9599	0,1130	0,9235	0,07039
6	0,1047	0,0014	0,1047	0,00010	56	0,9774	0,1171	0.9389	0,07417
7	0,1222	0,0019	0,1221	0,00015	57	0,9948	0,1212	0,9543	0,07808
8	0,1396	0,0024	0,1395	0,00023	58	1.0123	0,1254	0,9696	0,08212
9	0,1571	0,0031	0,1569	0,00032	59	1,0297	0,1296	0.9848	0,08629
10	0,1745	0,0038	0,1743	0,00044	60	1,0472	0,1340	1,0000	0,09059
11	0,1920	0,0046	0,1917	0,00059	61	1,0647	0,1384	1.0151	0,09502
12	0,2094	0,0055	0,2091	0 00076	62	1,0821	0,1428	1,0301	0,09958
13	0,2269	0,0064	0,2264	0,00097	63	1,0996	0,1474	1,0450	0,10428
14	0,2443	0,0075	0,2437	0,00121	64	1,1170	0,1520	1,0598	0,10911
15	0,2618	0,0086	0,2611	0,00149	65	1,1345	0,1566	1,0746	0,11408
16	0,2793	0,0097	0,2783	0,00181	66	1,1519	0,1613	1,0893	0,11919
17	0,2967	0,0110	0,2956	0,00217	67	1,1694	6,1661	1,1039	0,12443
18	0,3142	0,0123	0,3129	0,00257	68	1,1868	0,1710	1,1184	0,12982
19	0,3316	0,0137	0,3301	0,00302	69	1,2043	0,1759	1,1328	0,13535
20	0,3491	0,0152	0,3473	0,00352	70	1,2217	0,1808	1,1472	0,14102
21	0,3665	0,0167	0,3645	0,00408	71	1,2392	0,1859	1,1614	0,14683
22	0,3840	0,0184	0,3816	0,00468	72	1,2566	0,1910	1,1756	0,15279
23	0,4014	0,0201	0,3987	0,00535	73	1,2741	0,1961	1,1896	0,15889
24	0,4189	0,0219	0,4158	0,00607	74	1,2915	0,2014	1,2036	0,16514
25	0,4363	0,0237	0,4329	0,00686	75	1,3090	0,2066	1,2175	0,17154
26	0,4538	0,0256	0,4499	0,00771	76	1,3265	0,2120	1,2313	0,17808
27	0,4712	0,0276	0,4669	0,00862	77	1,3439	0,2174	1,2450	0,18477
28	0,4887	0,0297	0,4838	0,00961	78	1,3614	0.2229	1,2586	0,19160
29	0,5061	0,0319	0,5008	0,01067	79	1,3788	0,2284	1,2722	0,19859
30	0,5236	0,0341	0,5176	0,01180	80	1,3963	0.2340	1,2856	0,20573
31	0,5411	0,0364	0,5345	0,01301	81	1,4137	0,2396	1,2989	0,21301
32	0,5585	0,0387	0,5512	0,01429	82	1,4312	0,2453	1,3121	0,22045
33	0,5760	0,0412	0,5680	0,01566	83	1,4486	0,2510	1,3252	0,22804
34	0,5934	0,0437	0,5847	0,01711	84	1,4661	0,2569	1,3383	0,23578
35	0,6109	0,0463	0,6014	0,01864	85	1,4835	0,2627	1,3512	0,24367
36	0,6283	0,0489	0,6180	0,02027	86	1,5010	0,2686	1,3640	0,25171
37	0,6458	0,0517	0,6346	0,02198	87	1,5184	0,2746	1,3767	0,25990
38	0,6632	0,0545	0,6511	0,02378	88	1,5359	0,2807	1,3893	0,26825
39	0,6807	0,0574	0,6676	0,02568	89	1,5533	0,2867	1,4018	0,27675
40	0,6981	0,0603	0,6840	0,02767	90	1,5708	0,2929	1,4142	0,28540
41	0,7156	0,0633	0.7004	0,02976	91	1,5882	0,2991	1,4265	0,29420
42	0,7330	0,0664	0,7167	0,03195	92	1,6057	0,3053	1,4387	0,30316
43	0,7505	0,0696	0,7330	0,03425	93	1,6232	0,3116	1,4507	0,31226
44	0,7679	0,0728	0,7492	0,03664	94	1,6406	0,3180	1,4627	0,32152
45	0,7854	0,0761	0 7654	0,03915	95	1,6580	0,3244	1,4746	0.33093
46	0,8029	0,0795	0,7815	0,04176	96	1,6755	0,3309	1,4863	0,34050
47	0,8203	0,0829	0,7975	0,04448	97	1,6930	0,3374	1.4979	0,35021
48	0,8378	0,0865	0,8135	0,04731	98	1,7104	0,3439	1,5094	0.36008
49	0.8552	0.0900	0,8294	0,05025	99	1,7279	0,3506	1,5208	0,37009
50	0,8727	0,0937	0,8452	0,05331	100	1,7453	0,3572	1,5321	0,38026

y área del segmento en un círculo de radio unidad.

Ángulo central en grados	Longitud del arco	Flecha	Cuerda	Área del segmento	Ángulo central en grados	Longitud del arco	Flecha	Cuerda	Área del segmento
101	1,7628	0,3639	1,5432	0,39058	141	2,4609	0,6662	1,8853	0,91580
102	1,7802	0,3707	1,5543	0,40104	142	2,4784	0,6744	1,8910	0,93135
103	1,7977	0,3775	1,5652	0,41166	143	2,4958	0,6827	1,8966	0 94700
104	1,8151	0,3843	1,5760	0,42242	144	2,5133	0,6910	1,9021	0,96274
105	1,8326	0,3912	1,5867	0,43333	**145**	2,5307	0,6993	1,9074	0,97858
106	1,8500	0,3982	1,5973	0,44439	146	2,5482	0,7076	1,9126	0,99449
107	1,8675	0,4052	1,6077	0,45560	147	2,5656	0,7160	1,9176	1,01050
108	1,8850	0,4122	1,6180	0,46695	148	2,5831	0,7244	1,9225	1,02658
109	1,9024	0,4193	1,6282	0,47844	149	2,6005	0,7328	1,9273	1,04275
110	1,9199	0 4264	1,6383	0,49008	**150**	2,6180	0,7412	1,9319	1,05900
111	1,9373	0,4336	1,6483	0,50187	151	2,6354	0,7496	1,9363	1,07532
112	1,9548	0,4408	1,6581	0,51379	152	2,6529	0,7581	1,9406	1,09171
113	1,9722	0,4481	1,6678	0,52586	153	2,6704	0,7666	1 9447	1,10818
114	1,9897	0,4554	1,6773	0,53807	154	2,6878	0,7750	1,9487	1,12472
115	2,0071	0,4627	1,6868	0,55041	**155**	2,7053	0,7836	1,9526	1,14132
116	2,0246	0,4701	1,6961	0.56289	156	2,7227	0,7921	1,9563	1,15799
117	2,0420	0,4775	1,7053	0,57551	157	2.7402	0,8006	1,9598	1,17472
118	2,0595	0,4850	1,7143	0,58827	158	2,7576	0,8092	1,9633	1,19151
119	2,0769	0,4925	1,7233	0,60116	159	2.7751	0,8178	1,9665	1,20835
120	2,0944	0,5000	1,7321	0,61418	**160**	2,7925	0,8264	1,9696	1,22525
121	2,1118	0,5076	1,7407	0,62734	161	2,8100	0,8350	1,9726	1,24221
122	2,1293	0,5152	1,7492	0,64063	162	2,8274	0,8436	1,9754	1,25921
123	2 1468	0,5228	1,7576	0,65404	163	2,8449	0,8522	1,9780	1 27626
124	2,1642	0.5305	1,7659	0,66759	164	2.8623	0,8608	1,9805	1,29335
125	2,1817	0,5383	1,7740	0,68125	**165**	2,8798	0,8695	1,9829	1,31049
126	2,1991	0,5460	1,7820	0,69505	166	2,8972	0,8781	1.9851	1,32766
127	2,2166	0,5538	1,7899	0,70897	167	2.9147	0,8868	1,9871	1,34487
128	2,2340	0,5616	1,7976	0,72301	168	2,9322	0,8955	1,9890	1,36212
129	2.2515	0,5695	1.8052	0,73716	169	2,9496	0,9042	1,9908	1,37940
130	2,2689	0,5774	1,8126	0,75144	**170**	2,9671	0,9128	1,9924	1,39671
131	2,2864	0,5853	1,8199	0,76584	171	2.9845	0,9215	1,9938	1,41404
132	2,3038	0,5933	1,8271	0,78034	172	3,0020	0,9302	1,9951	1.43140
133	2,3213	0,6013	1,8341	0,79497	173	3,0194	0.9390	1,9963	1,44878
134	2,3387	0,6093	1,8410	0,80970	174	3,0369	0,9477	1,9973	1,46617
135	2,3562	0,6173	1,8478	0,82454	**175**	3,0543	0,9564	1,9981	1,48359
136	2,3736	0,6254	1,8544	0,83949	176	3,0718	0,9651	1,9988	1,50101
137	2,3911	0,6335	1,8608	0,85455	177	3,0892	0,9738	1,9993	1,51845
138	2,4086	0.6416	1,8672	0,86971	178	3 1067	0,9825	1,9997	1,53589
139	2,4260	0,6498	1,8733	0,88497	179	3,1241	0,9913	1,9999	1,55334
140	2,4435	0,6580	1,8794	0,90034	**180**	3,1416	1,0000	2,0000	1.57080

Si r es el radio y φ el ángulo central, se tiene: cuerda $s = 2\, r \operatorname{sen} \frac{\varphi}{2}$; flecha $h = 2\, r \operatorname{sen}^2 \frac{\varphi}{4}$; longitud del arco $l = 0{,}017453\, r\, \varphi$; área del segmento $= \frac{r^2}{2}\left(\frac{\pi}{180}\varphi - \operatorname{sen}\varphi\right)$; $l = r$ para $\varphi = 57^\circ\, 17'\, 44{,}806''$; arco $1^\circ = \pi : 180 = 0{,}017453292$; arco $1' = \pi : 10800 = 0{,}000290888$; arco $1'' = \pi : 648000 = 0{,}000004848$.

TABLA IV. — **Raíces cuadrada, cúbica, cuarta y quinta de algunas fracciones**

FRACCIONES		RAÍCES CORRESPONDIENTES			
Ordinarias	Decimales	Cuadradas	Cúbicas	Cuartas	Quintas
1/9	0,111111	0,333333	0,480750	0,577350	0,644394
1/8	0,125	0,353553	0,500000	0,594604	0,659755
1/7	0,142857	0,377964	0,522758	0,614788	0,667611
1/6	0,166666	0,408248	0,550321	0,638943	0,698627
1/5	0,20	0,447214	0,584804	0,668740	0,724779
2/9	0,222222	0,471404	0,605707	0,686589	0,740214
1/4	0,25	0,500000	0,629960	0,707107	0,757858
2/7	0,285714	0,534522	0,658634	0,731110	0,778370
1/3	0,333333	0,577350	0,693361	0,759836	0,802742
3/8	0,375	0,612372	0,721125	0,782542	0,821876
2/5	0,40	0,632455	0,736806	0,795270	0,832553
3/7	0,428571	0,654654	0,753947	0,809107	0,844121
4/9	0,444444	0,666667	0,763143	0,816496	0,850283
1/2	0,50	0,707107	0,793700	0,840896	0,870551
5/9	0,555555	0,745356	0,822071	0,863340	0,889089
4/7	0,571428	0,755929	0,829826	0,869442	0,894113
3/5	0,60	0,774596	0,843433	0,880112	0,902880
5/8	0,625	0,790569	0,854988	0,889140	0,910282
2/3	0,666666	0,816496	0,873580	0,903602	0,922108
5/7	0,714285	0,845154	0,893903	0,919324	0,934920
3/4	0,75	0,866025	0,908560	0,930605	0,944087
7/9	0,777777	0,881917	0,919641	0,939105	0,950979
4/5	0,80	0,894427	0,928318	0,945742	0,956352
5/6	0,833333	0,912871	0,941036	0,955443	0,964192
6/7	0,857142	0,925820	0,949914	0,962195	0,969640
7/8	0,875	0,935414	0,956465	0,967168	0,973647
8/9	0,888888	0,942829	0,961499	0,970984	0,976718
3/2	1,50	1,224744	1,144714	1,106682	1,084474

CONSTANTES FÍSICAS DIVERSAS

TABLA V. — Coeficientes de rozamiento por deslizamiento

(según MORIN)

NATURALEZA DE LOS MATERIALES QUE ROZAN	Coeficiente de rozamiento
Encina sobre encina, en seco	0,48
Encina sobre encina, untadas con jabón	0,16
Olmo sobre encina, en seco	0,43
Fresno, abeto, haya o serbal sobre encina, en seco	0,36 a 0,40
Hierro dulce sobre encina, en seco	0,62
Hierro dulce sobre encina mojada con agua	0,26
Fundición sobre encina, en seco	0,49
Fundición sobre encina mojada con agua	0,22
Latón sobre encina, en seco	0,62
Correa de cuero curtido sobre polea de encina	0,27
Cuero curtido sobre fundición o sobre bronce	0,50
Cuero de buey, en guarniciones de émbolo, sobre fundición mojada con agua	0,15
Hierro dulce sobre fundición, en seco	0,18
Hierro dulce sobre bronce, en seco	0,18
Fundición sobre fundición, en seco	0,15
Fundición sobre bronce, con engrase	0,15
Bronce sobre bronce, en seco	0,20
Bronce sobre fundición, en seco	0,22
Bronce sobre hierro dulce, en seco	0,16
Fundición sobre fundición, con engrase	0,054
Fundición sobre bronce, con engrase	0,054
Hierro dulce sobre fundición, con engrase	0,054
Hierro dulce sobre bronce, con engrase	0,054
Hierro sobre cobre, en seco	0,155
Hierro sobre cobre, con engrase	0,120

TABLA VI. — Presiones que ejerce el viento a distintas velocidades

NATURALEZA DEL VIENTO		Velocidad del viento		Presión
		Km/hora	m/seg	Kg/m²
Viento apenas sensible		3,60	1,00	0,140
Brisa ligera		7,20	2,00	0,540
Viento fresco o brisa		14,40	4,00	2,170
Fresquito	tiende bien las velas	21,60	6,00	4,870
Fresquito	favorable a los molinos	25,20	7,00	6,640
Fresquito	brisa fuerte	28,80	8,00	8,670
Fresquito	conveniente para la navegación	32,40	9,00	10,970
Frescachón	brisa muy fuerte	36,00	10,00	13,540
Frescachón	muy fresco	43,20	12,00	19,500
Duro		54,00	15,02	30,470
Muy duro		72,00	20,00	54,160
Temporal		86,40	24,00	78,000
Borrasca		108,18	30,05	122,280
Huracán que arranca árboles		130,14	36,15	176,960
Huracán que derriba casas		163,08	45,30	277,870

La presión ejercida por el viento, sobre una superficie plana normal a su dirección, vale, para velocidades inferiores a diez metros por segundo, $P = 2\delta sh$; en dicha fórmula representan:

P la presión del viento en Kg,
δ el peso de un metro cúbico de aire en movimiento ($= 1{,}231$ Kg/m³ a la temperatura de 12° y presión barométrica de 755 mm),
s superficie de la placa en metros cuadrados,
v la velocidad del viento en metros por segundo,

$$h = \frac{v^2}{2\delta} = 0{,}050975\ v^2.$$

TABLA VII. — Temperatura de fusión de diversas substancias (en grados centígrados)

SUBSTANCIAS	°C	SUBSTANCIAS	°C
Platino	2500	Aleación: 3 estaño, 1 bismuto.	200
Hierro martillado inglés . .	1600	» 2 » 1 »	167,7
» dulce francés . . .	1500	» 1 » 1 »	141,2
Aceros poco fusibles. . .	1400	» 1 plomo, 4 estaño y 5 de bismuto . . .	118,9
Fundición con manganeso. .	1250	Azufre	109
» gris, 2.ª fusión . .	1200	Yodo	107
» muy fusible . . .	1100	Aleación de 2 de plomo, 3 de estaño, 5 de bismuto . . .	100
» blanca, poco fusible	1100	Id. de 5 de plomo, 3 de estaño, 8 de bismuto	100
Fundición blanca, muy fusible	1050	Id. de 4 de bismuto, 1 de plomo, 1 de estaño.	94
Oro muy puro	1250	Sodio	90
» de ley monetaria . . .	1180	Potasio	58
Plata muy pura	1000	Fósforo	43
Litargirio	954	Acido esteárico	70
Bronce	900	Cera blanca.	68
Antimonio	432	» corriente	61
Vidrio.	400	Acido margárico	55 a 60
Zinc	360	Estearina	43 a 49
Plomo.	334	Esperma de ballena	49
Clorato de potasa.	300	Acido acético	45
Bismuto	256	Sebo	33,33
Estaño.	230	Cloruro de calcio hidratado .	29
Aleación: 5 estaño, 1 plomo .	194	Hielo	0
» 4 » 1 » .	189	Aceite de trementina . . .	10
» 3 » 1 » .	186	Mercurio.	39
» 2 » 1 » .	196		
» 1 » 1 » .	241		
» 1 » 3 » .	289		

TABLA VIII. — Temperaturas que corresponden a diferentes matices luminosos de los cuerpos

MATIZ	Temperatura °C	MATIZ	Temperatura °C
Rojo naciente	525	Naranja claro.	1200
» obscuro	700	Blanco	1300
Cereza naciente	800 a 900	» sudante	1400
» claro	1000	» brillante	1500
Naranja obscuro	1100		

TABLA IX. — Poder conductor del calor de algunos metales

Plata	1000	Zinc	281	Plomo	85
Cobre. . . .	736	Estaño . . .	145	Platino. . . .	84
Oro	532	Hierro . . .	119	Bismuto . . .	18

TABLA X. — **Dilatación lineal de diversas substancias para una elevación de temperatura de 0° a 100°**

SUBSTANCIAS	DILATACIÓN	
	En decimales	En fracciones ordinarias
Acero sin templar	0,0010791	1/927
Plata de copela	0,0019097	1/523
Bismuto (según Smeaton)	0,0013917	1/719
Cobre	0,0017173	1/582
Latón fundido	0,0018782	1/533
» en alambre	0,0019333	1/517
Estaño de Falmouth	0,0021730	1/462
Hierro dulce forjado	0,0012205	1/819
» redondo pasado por la hilera	0,0012350	1/812
» fundido (prisma de)	0,0011100	1/900
Flint-glass (inglés)	0,0008017	1/1248
Oro	0,0014661	1/682
» con ley de París	0,0015515	1/645
Paladio (según Wollaston)	0,0010000	1/1000
Platino	0,0008565	1/1167
Plomo	0,0028484	1/351
Vidrio de Saint-Gobain	0,0008909	1/1122
Zinc (según Smeaton)	0,0029417	1/340
» estirado $^1/_{12}$ con el martillo	0,0031082	1/322
El mercurio se dilata en *volumen*, desde la temperatura de 0° hasta la de 100°	0,01818	1/55
Agua	0,0433	1/23
Alcohol	0,1100	1/9
Gases (según Gay-Lussac), en volumen	0,375	100/267
» (según Rudberg), en volumen	0,3646	100/275
» (según Regnault), en volumen	0,366	100/273

TABLA XI. — **Peso específico de diversas substancias**

SUBSTANCIAS	PESO por metro cúbico Kg/m³
SÓLIDOS	
De origen mineral	
Tierra vegetal	1214 a 1285
» fuerte guijarrosa	1357 a 1428
» o arena de mantillo	614 a 643
Mantillo	828 a 857
Turba seca	514
» húmeda	785
Limo	1642
Arcilla y greda	1656 a 1756
Marga	1571 a 1642
Tierra gruesa mezclada con arena y gravilla	1860
» mezclada con piedras pequeñas	1910
Arcilla mezclada con toba	1990
Tierra grasa mezclada con guijarros	2290
Arena fina y seca	1399 a 1428
» » húmeda	1900
» » fósil arcillosa	1713 a 1799
» » de río húmeda	1771 a 1856
Cantos rodados	1371 a 1485
Detritus de rocas	1571 a 1713
Cemento de barro cocido	1171 a 1228
Escorias de forja	771 a 985
» vítreas	1428 a 1485
Puzolana de Italia	1157 a 1228
» de Vivarais	1085 a 1128
Trass (toba térrea) de Holanda	1071 a 1085
Piedra pómez	557 a 928
Cal viva al salir del horno	800 a 857
» apagada, en pasta dura	1328 a 1428
Mortero de cal y arena	1856 a 2142
» de cal y cemento	1656 a 1713
» de cal y escorias	1128 a 1214
» de cal y escorias vitrificadas	1856 a 1942
Creta	1214 a 1285
Piedra de construcción blanda	1142 a 1713
» franca semirrocosa	1713 a 1999
» lías blanda	2142 a 2284
» lías dura	2284 a 2427
» muy compacta	2499 a 2713
(Véase también la tabla de la página 684.)	
Alabastros, mármoles, brechas, etc.	2199 a 2870
Cal sulfatada, caliza, yeso	1899 a 2299
Yeso cocido batido	1199 a 1228
» en cesto	1200 a 1270
» tamizado	1242 a 1257
» amasado plástico	1571 a 1599

SUBSTANCIAS	PESO por metro cúbico Kg/m³
Yeso amasado seco	1399 a 1414
Barita	4284 a 4626
Cuarzo, piedra moleña porosa	1242 a 1285
» piedra moleña compacta	2485 a 2613
» hialino	2642 a 2656
» arenisca o arenisca para construcción	1928 a 2070
» arenisca de pavimentar	2427 a 2613
» resinita o piedra de pez	2042 a 2656
» o sílex	2570 a 2927
Jaspe	2356 a 2813
Feldespato, petrosílex	2570 a 2742
Trapp, sílex córnea, piedra de toque (jaspe lidio)	2699 a 2742
Pórfido, ofita, serpentina, variolita	2756 a 2927
Talco, esteatita, clorita	2613 a 2784
Serpentina	2770 a 2856
Piedra ollar	2742 a 2856
Granito, sienita, gneis	2356 a 2956
Granitela	2799 a 3056
Mica	2570 a 2927
Amianto	1556 a 1785
Pizarra	2114 a 2600
» ordinaria	1813 a 2784
» para techar	2742 a 2856
Piedra de Volvic	1928 a 2642
Lavas, litoides, basaltos	2756 a 3056
Lava del Vesubio	1713 a 2813
Tobas volcánicas	1214 a 1385
Antracita	1343 a 1402
Hulla	942 a 1328
Cok de gas	300 a 350
» metalúrgico	400 a 450
Carbón vegetal fabricado en montón: álamo	250
Carbón vegetal fabricado en montón: nogal	625
» » fabricado en hornos cerrados	150
» » en polvo	1500
Caucho	933 a 989
Alcanfor	996
Cera blanca	969
» amarilla	975
» grasa	948
Diamantes, los de menor peso	3501
» los de mayor peso	3531
Cristal de roca pura	2653
» de Saint-Gobain	2488
Vidrio de botellas	2733
» blanco	3200
Flint-glass (vidrio inglés)	3330
Vidrio de vidrieras	2527
Lunas	2463
Vidrio ordinario	3455
» de Saint-Gobain	2380

SUBSTANCIAS	PESO por metro cúbico Kg/m³
Azufre	1800 a 2033
Fósforo	1770
Marfil	1917
Maderas	
(Véanse datos en la página 687 así como en el capítulo *Materiales de construcción,* páginas 657 y siguientes.)	
Metales	
Acero forjado sin templar	7840
» forjado y templado	7813
» sin forjar ni templar	7833
» sin forjar, templado	7816
Plata fundida 931/1000	10475
» forjada	10376
» con la ley de la moneda	10121
» fundida	10047
» fundida amonedada	10407
» pura fundida	10474
» pura forjada	10510
Bronce	8626
Cobre	8788 a 8890
» fundido	8850
» en alambre	8879
Latón fundido	8395
» en alambre	8544
Estaño puro de Cornualles fundido	7287
» nuevo, fundido, martillado	7307
» fino, fundido, martillado	7515
» común, fundido	7915
Hierro fundido	7207
» forjado	7788
Oro de 833/1000 fundido	15709
» de 833/1000 forjado	15775
» de 917/1000 fundido	17486
» de 917/1000 forjado	17589
» de ley monetaria	17402
» amonedado	17647
» puro fundido	19258
» puro forjado	19500
Níquel	8279
Platino martillado	23000
» en alambre	21000
» forjado	20337
» laminado	22670
Plomo	11346 a 11352
Soldadura de los plomeros	9550

SUBSTANCIAS	PESO por metro cúbico Kg/m³
Zinc fundido	6861
» laminado	7200
Líquidos	
Agua de lluvia o destilada	1000
» de pozo	1000 a 1014
» de mar	1028 a 1042
» del Mar Muerto	1240
Ácido sulfúrico	1841
» nitroso	1550
» nítrico	1217
Leche	1030
Vino de Burdeos	994
» de Borgoña	991
Aceite de oliva	915
» de linaza	936 a 940
» de adormideras	934
Esencia de trementina	870
Éter muriático	874
» sulfúrico	715
Hielo	865 a 930
Mercurio	13596 a 13598
Asfalto	1063
Betún líquido (nafta)	847
Alcohol absoluto	792
» del comercio	840
Gases (A 0° y a la presión de 760 mm)	(referidos al aire)
Aire	1,000
Hidrógeno arsenicado, arsenamina	2,695
Cloro	2,440
Anhídrido sulfuroso	2,234
Hidrógeno fosforado, fosfamina	1,761
Anhídrido carbónico	1,525
Oxígeno	1,103
Nitrógeno	0,976
Amoniaco gaseoso	0,597
Hidrógeno	0,069
Óxido de carbono	0,957
Vapor de agua	0,624
» de alcohol absoluto	1,613
» de yodo	8,716
» de mercurio	6,976
» de esencia de trementina	5,013
» de éter sulfúrico	2,586

PESO Y DIMENSIONES DE ELEMENTOS DIVERSOS

Tabla XII. — Peso propio de diferentes suelos y tabiques

(Sin vigas, salvo indicación contraria)

DESIGNACIÓN	ESPESOR m	PESO Kg/m²
Forjado macizo de yesones y yeso (incluyendo el enlucido de yeso del cielorraso)	0,10 0,12 0,14 0,16 0,18 0,20	140 168 196 204 252 280
Forjado hueco de yeso evaluado, por término medio, a los $^2/_3$ del forjado macizo	0,10 0,12 0,14 0,16 0,18 0,20	95 112 130 136 168 186
Forjado de botes de barro cocido y yeso, comprendido el pavimento y el techo	0,10 0,15 0,20	136 140 150
Forjado de ladrillo ordinario de 0,11 m de espesor.	0,11	198
Forjado de ladrillo ordinario de 0,22 m de espesor.	0.22	396
Cielorraso con cañas	—	40
Bovedillas invertidas de yeso, de poco espesor, para pisos de graneros y falso-techos, comprendido el revoque y el enlucido del cielorraso	0,025 0,050	35 70
Solados de yeso	0,025 0,050 cada cm de más	35 75 14
Artesones, molduras de los techos, adornos, rosetones, etc.	grandes pequeños	40 80
Embaldosado de mármol	—	70
» de mosaico	—	30
» ordinario	—	25
Entarimados (espesor 25 milímetros) de pino ordinario	—	13
Entarimados (espesor 25 milímetros) de pino pesado	—	15
Entarimados (espesor 25 milímetros) de encina ordinaria	—	18
Entarimados (espesor 25 milímetros) de encina pesada	—	20
Entarimado sobre entablado	—	50
Empotramiento de yeso de los durmientes del entarimado (pág. 477)	pequeños grandes	30 60
Peso medio de los durmientes de encina para entarimados	—	6 a 10

DESIGNACIÓN	ESPESOR m	PESO Kg/m²
Tabiques de ladrillo hueco.	0,08	90 a 100
Tabiques de ladrillos de yeso.	0,08	100
Tabiques de ladrillos ordinarios, con revoque y enlucido en los dos paramentos	0,08	145
Tabiques de ladrillos huecos y yeso	0,12 0,16	145 200
Bovedilla de dos gruesos de rasilla catalana, macizando los riñones y enrasando; incluso el peso de las vigas colocadas a 0,75 m entre sí . . .	—	180
La misma con los azulejos o baldosas.	—	210
La anterior con cielorrasos de cañizos	—	250
Bovedilla de un grueso de rasilla hueca, macizando los riñones y enrasando; incluso el peso de las vigas colocadas a 0,75 m entre sí . . .	—	140
La misma con los azulejos o baldosas.	—	170
La anterior con el tablero o hilada horizontal inferior de rasilla hueca, para formar el cielorraso	—	220
Bóveda de dos metros, de tres gruesos de rasilla catalana, macizando los riñones y enrasando; incluso el peso de las vigas.	—	280
La misma con azulejos o baldosas	—	310
La anterior construída con tres gruesos de rasilla hueca	—	160
Bóveda de tres o cuatro metros construída con dos gruesos de rasilla catalana y uno de ladrillo delgado y una capa de un centímetro de cemento portland, sin macizar los riñones . .	—	180
La misma construída con un grueso de rasilla hueca, otro de ladrillo hueco y un centímetro de cemento portland	—	105
Un grueso de rasilla catalana.	—	45
» » de rasilla hueca.	—	45
» » de ladrillo macizo	—	85
» » de ladrillo hueco	—	50
Tres gruesos de rasilla catalana.	—	160
» » de rasilla hueca.	—	160
» » de ladrillo macizo	—	270
» » de ladrillo hueco	—	165
Riostras de las viguetas, cuñas, etc.	—	6,5 a 7
Pernos de arriostramiento, comprendidas las tuercas	—	4 a 6
Peso propio de los hierros, para introducirlo provisionalmente en los cálculos	—	30 a 60

TABLA XIII. — Peso propio de un metro cuadrado de varias fábricas, según su espesor

FÁBRICAS y peso de las mismas por metro cúbico	Peso propio en Kg/m² para un espesor (con revoque) de:							
	0,08 m	0,15 m	0,25 m	0,35 m	0,45 m	0,50 m	0,60 m	0,90 m
Mampostería (2200 Kg/m³ aproximadamente). . . .	—	—	—	770	990	1100	1320	1980
Ladrillos ordinarios (aproximadamente 1750 Kg/m³) .	140	263	438	613	788	—	—	1575
Ladrillos huecos (1200 Kg/m³ aproximadamente). . . .	96	180	300	420	540	600	720	1080
Piedra molar (2300 a 2500 Kg/m³)	—	—	—	—	—	1150 a 1250	1380 a 1500	2070 a 2250
Sillería (piedra blanda, aproximadamente 1900 Kg/m³) .	—	—	—	—	—	950	1140	1710
Piedra dura (unos 2300 Kg/m³)	—	—	—	—	—	1150	1380	2070

Los tabiques de relleno de 0,08 pesan revocados unos 110 Kg por metro cuadrado.

Los ladrillos de yeso pesan unos 1400 Kg por metro cúbico.

TABLA XIV. — Carga total que se puede admitir, por metro cuadrado de suelo, en los principales casos de la práctica

DESTINO DEL LOCAL	Espesor medio del suelo	Separación de eje a eje de las viguetas	PESO PROPIO		SOBRECARGA	CARGA TOTAL	
			Forjado de bovedillas invertidas	Forjado macizo		Forjado de bovedillas invertidas	Forjado macizo
	cm	cm	Kg/m²	Kg/m²	Kg/m²	Kg/m²	Kg/m²
Piezas ordinarias, alcobas, gabinetes, etcétera, de las casas.	25 a 30	70 a 80	180	250	80 a 100	280	350
Salones ordinarios, oficinas, despachos.	30	60 a 75	150 a 200	275	150 a 200	350	475
Grandes salones o grandes piezas de recepción	30 a 35	50 a 70	150	300	280 a 300	450	600
Salas de reuniones y de asambleas. . .	35 a 40	40 a 60	200	300	300	500	600
Salones para grandes reuniones	35 a 40	35 a 60	200	350	420	620	770
Almacenes para mercancías de mucho volumen y poco peso	35 a 40	45 a 70	50 a 75	150	350 a 450	525	600
Almacenes para mercancías pesadas . .	40 a 45	45 a 70	180	300	600	780	900
Docks para mercancías voluminosas .	40	50 a 70	200	350	450	650	800
Docks para mercancías pesadas . . .	40 a 45	30 a 60	300	400	900	1200	1300

TABLA XV. — **Peso de los alambres de hierro y de acero**
(tomando por densidad 7,8)

Números de la galga de París	Números aproximados de la galga inglesa de Birmingham	Grueso del alambre	Sección		Peso de 100 m de alambre		Longitud de un kilogramo de alambre	
			del alambre redondo	del alambre cuadrado	redondo	cuadrado	redondo	cuadrado
		mm	mm²	mm²	Kg	Kg	m	m
P. 10	33	0,20	0,031	—	0,024	—	4135,64	—
P. 9	32	0,22	0,038	—	0,030	—	3373,82	—
P. 8	—	0,24	0,045	—	0,035	—	2849,00	—
P. 7	31	0,26	0,053	—	0,041	—	2418,96	—
P. 6	—	0,28	0,062	—	0,048	—	2067,82	—
P. 5	30	0,31	0,075	—	0,059	—	1709,33	—
P. 4	29	0,34	0,091	—	0,071	—	1408,84	—
P. 3	28	0,37	0,108	—	0,084	—	1187,09	—
P. 2	27	0,40	0,126	—	0,098	—	1017,50	—
P. 1	26	0,45	0,159	—	0,124	—	806,32	—
Hilo de ensartar perlas	25	0,5	0,196	0,25	0,153	0,195	653,60	512,82
1	24	0,6	0,283	0,36	0,220	0,281	454,54	356,13
2	23	0,7	0,385	0,49	0,300	0,382	333,33	261,85
3	22	0,8	0,503	0,64	0,392	0,499	255,10	200,32
4	21	0,9	0,636	0,81	0,496	0,631	201,61	158,27
5	20	1,0	0,785	1,00	0,612	0,780	163,40	128,21
6	19	1,1	0,950	1,21	0,741	0,943	134,95	105,95
7	18	1,2	1,131	1,44	0,881	1,122	113,50	89,03
8	—	1,3	1,327	1,69	1,035	1,317	96,62	75,87
9	17	1,4	1,539	1,96	1,200	1,527	83,33	65,36
10	—	1,5	1,767	2,25	1,378	1,753	72,57	56,98
11	16	1,6	2,011	2,56	1,568	1,994	63,77	50,08
12	15	1,8	2,545	3,24	1,984	2,524	50,40	39,57
13	14	2,0	3,142	4,00	2,448	3,120	40,85	32,05
14	—	2,2	3,801	4,84	2,964	3,770	33,74	26,49
15	13	2,4	4,524	5,76	3,528	4,480	28,34	22,26
16	12	2,7	5,726	7,29	4,463	5,678	22,40	17,58
17	11	3,0	7,069	9,00	5,513	7,030	18,14	14,24
18	10	3,4	9,079	11,56	7,082	9,003	14,12	11,09
19	9	3,9	11,946	15,21	9,317	11,900	10,73	8,43
20	8	4,4	15,205	19,36	11,859	15,078	8,43	6,62
21	6	4,9	18,857	24,01	14,708	18,750	6,80	5,34
22	5	5,4	22,902	29,16	17,863	22,710	5,59	4,39
23	4	5,9	27,340	34,81	21,324	27,200	4,69	3,68
24	3	6,4	32,170	40,96	25,091	31,980	3,99	3,13
25	2	7,0	38,484	49,00	30,019	38,250	3,33	2,61
26	1	7,6	45,365	57,76	35,384	45,010	2,82	2,23
27	—	8,2	52,810	67,24	41,191	52,500	2,43	1,91
28	0	8,8	60,821	77,44	47,438	60,400	2,11	1,66
29	00	9,4	69,398	88,36	54,128	68,815	1,85	1,45
30	000	10,0	78,540	100,00	61,259	78,000	1,63	1,28

Multiplicando por 1,141 los pesos de esta tabla, se obtienen los de los alambres de **cobre;** y multiplicando por 1,096, los de los alambres de **latón.**

TABLA XVI. — **Peso lineal**

Espesor mm	Peso en Kg/m de los hierros de ancho en mm:									
	10	12	14	16	18	20	25	30	35	40
1	0,08	0,09	0,11	0,13	0,14	0,16	0,20	0,23	0,27	0,31
2	0,16	0,19	0,22	0,25	0,28	0,31	0,39	0,47	0,55	0,62
3	0,23	0,28	0,33	0,37	0,42	0,47	0,59	0,70	0,82	0,94
4	0,31	0,37	0,44	0,50	0,56	0,62	0,78	0,94	1,09	1,25
5	0,39	0,47	0,55	0,62	0,70	0,78	0,98	1,17	1,37	1,56
6	0,47	0,56	0,66	0,75	0,84	0,94	1,17	1,40	1,64	1,87
7	0,55	0,66	0,76	0,87	0,98	1,09	1,37	1,64	1,91	2,18
8	0,62	0,75	0,87	1,00	1,12	1,25	1,56	1,87	2,18	2,50
9	0,70	0,84	0,98	1,12	1,26	1,40	1,76	2,11	2,46	2,81
10	0,78	0,94	1,09	1,25	1,40	1,56	1,95	2,34	2,73	3,12
11	0,86	1,03	1,20	1,37	1,54	1,72	2,15	2,57	3,00	3,43
12	0,94	1,12	1,31	1,50	1,69	1,87	2,34	2,81	3,28	3,74
13	1,01	1,22	1,42	1,62	1,83	2,03	2,54	3,04	3,55	4,06
14	1,09	1,31	1,53	1,75	1,97	2,18	2,73	3,28	3,82	4,37
15	1,17	1,40	1,64	1,87	2,11	2,34	2,93	3,51	4,10	4,68
16	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	3,12	3,74	4,37	4,99
17	1,33	1,59	1,86	2,12	2,39	2,65	3,32	3,98	4,64	5,30
18	1,40	1,69	1,97	2,25	2,53	2,81	3,51	4,21	4,91	5,62
19	1,48	1,78	2,08	2,37	2,67	2,96	3,71	4,45	5,19	5,93
20	1,56	1,87	2,18	2,50	2,81	3,12	3,90	4,68	5,46	6,24
21	1,64	1,97	2,29	2,62	2,95	3,28	4,10	4.91	5,73	6,55
22	1,72	2,06	2,40	2,75	3,09	3,43	4,29	5,15	6,01	6,86
23	1,79	2,15	2,51	2,87	3,23	3,59	4,49	5,38	6,28	7,18
24	1,87	2,25	2,62	3,00	3.37	3,74	4,68	5,62	6,55	7,49
25	1,95	2,34	2,73	3,12	3,51	3,90	4,88	5,85	6,83	7,80
26	2,03	2,43	2,84	3,25	3,65	4,06	5,07	6,08	7,10	8,11
27	2,11	2,53	2,95	3,37	3,79	4,21	5,17	6,32	7,37	8,42
28	2,18	2,62	3,06	3,49	3,93	4,37	5,36	6,55	7,64	8,74
29	2,26	2,71	3,17	3,62	4,07	4,52	5,56	6,79	7,92	9,05
30	2,34	2,81	3,28	3,74	4,21	4,68	5,85	7,02	8,19	9,36
31	2,42	2,90	3,39	3,87	4,35	4,84	6,05	7,25	8,46	9,67
32	2,50	3,00	3,49	3,99	4,49	4,99	6,23	7,49	8,74	9,98
33	2,57	3,09	3,60	4,12	4,63	5,15	6,44	7,72	9,01	10,30
34	2,65	3,18	3,71	4,24	4,77	5,30	6,63	7,96	9,28	10,61
35	2,73	3,28	3,82	4,37	4,91	5,46	6,83	8,19	9,56	10,92
36	2,81	3,37	3,93	4,49	5,05	5,62	7,02	8,42	9,83	11,23
37	2,89	3,46	4,04	4,62	5,20	5,77	7,22	8,66	10,10	11,54
38	2,96	3,56	4,15	4,74	5,34	5,93	7,41	8,89	10,37	11,86
39	3,04	3,65	4,26	4,87	5,48	6,08	7,61	9,13	10,65	12,17
40	3,12	3,74	4,37	4,99	5,62	6,24	7,80	9,36	10,92	12,48
41	3,20	3,84	4,48	5,12	5,76	6,40	8,00	9,59	11,19	12,79
42	3,28	3,93	4,59	5,24	5,90	6,55	8,19	9,83	11,47	13,10
43	3,35	4,03	4,71	5,37	6,04	6,71	8,39	10,06	11,74	13,42
44	3,43	4,12	4,81	5,49	6,18	6,86	8,58	10,30	12,01	13,73
45	3,51	4,21	4,91	5,62	6,32	7,02	8,78	10,53	12,28	14,04

de los hierros planos

Espesor mm	Peso en Kg/m de los hierros de ancho en mm:							
	50	60	70	80	90	100	120	140
1	0,39	0,47	0,54	0,62	0,70	0,78	0,93	1,09
2	0,78	0,94	1,09	1,24	1,40	1,56	1,87	2,18
3	1,17	1,40	1,63	1,87	2,10	2,34	2,80	3,27
4	1,56	1,87	2,18	2,49	2,80	3,12	3,74	4,36
5	1,95	2,34	2,73	3,12	3,51	3,90	4,68	5,46
6	2,34	2,81	3,27	3,74	4,21	4,68	5,61	6,55
7	2,73	3,27	3,82	4,36	4,91	5,46	6,55	7,64
8	3,12	3,74	4,36	4,99	5,61	6,24	7,48	8,73
9	3,51	4,21	4,91	5,61	6,31	7,02	8,42	9,82
10	3,90	4,68	5,46	6,24	7,02	7,80	9,36	10,92
11	4,29	5,14	6,00	6,86	7,72	8,58	10,30	12,01
12	4,68	5,61	6,55	7,48	8,42	9,36	11,23	13,10
13	5,07	6,08	7,09	8,11	9,12	10,14	12,17	14,20
14	5,46	6,55	7,64	8,73	9,82	10,92	13,10	15,29
15	5,85	7,02	8,19	9,36	10,53	11,70	14,04	16,38
16	6,24	7,48	8,73	9,98	11,23	12,48	14,98	17,47
17	6,63	7,95	9,28	10,61	11,93	13,26	15,91	18,56
18	7,02	8,42	9,82	11,23	12,64	14,04	16,85	19,66
19	7,41	9,09	10,37	11,86	13,34	14,82	17,78	20,75
20	7,80	9,36	10,92	12,48	14,04	15,60	18,72	21,84
21	8,19	9,82	11,47	13,10	14,72	16,38	19,66	22,93
22	8,58	10,30	12,01	13,73	15,44	17,16	20,59	24,02
23	8,97	10,76	12,56	14,35	16,15	17,94	21,53	25,14
24	9,36	11,23	13,10	14,98	16,85	18,72	22,46	26,21
25	9,75	11,70	13,65	15,60	17,55	19,50	23,40	27,30
26	10,14	12,17	14,20	16,22	18,25	20,28	24,34	28,39
27	10,53	12,64	14,74	16,85	18,95	21,06	25,27	29,48
28	10,92	13,10	15,29	17,47	19,66	21,84	26,21	30,58
29	11,31	13,77	15,83	18,10	20,36	22,62	27,14	31,67
30	11,70	14,04	16,38	18,72	21,06	23,40	28,08	32,76
31	12,09	14,51	16,93	19,34	21,76	24,18	29,02	33,85
32	12,48	14,98	17,47	19,97	22,46	24,96	29,95	34,94
33	12,87	15,44	18,02	20,59	23,17	25,74	30,89	36,04
34	13,26	15,91	18,56	21,22	23,87	26,52	31,82	37,13
35	13,65	16,38	19,11	21,84	24,57	27,30	32,76	38,22
36	14,04	16,85	19,66	22,46	25,27	28,08	33,70	39,31
37	14,43	17,32	20,20	23,09	25,97	28,86	34,63	40,40
38	14,82	17,78	20,75	23,71	26,68	29,64	35,57	41,50
39	15,21	18,45	21,29	24,34	27,38	30,42	36,50	42,59
40	15,60	18,72	21,84	24,96	28,08	31,20	37,44	43,68
41	15,99	19,19	22,39	25,58	28,78	31,98	38,38	44,77
42	16,38	19,66	22,93	26,21	29,48	32,76	39,31	45,86
43	16,77	20,12	23,48	26,83	30,19	33,54	40,25	46,96
44	17,16	20,59	24,02	27,46	30,89	34,32	41,18	48,05
45	17,55	21,06	24,57	28,08	31,59	35,10	42,12	49,14

TABLA XVII. — **Peso de las chapas de diversos metales y aleaciones**

Espesor de la chapa mm	Zinc Kg/m²	Fundición Kg/m²	Estaño Kg/m²	Hierro dulce Kg/m²	Latón Kg/m²	Cobre Kg/m²	Plomo Kg/m²
1/4	1,72	1,80	1,83	1,94	2,13	2,20	2,84
1/2	3,43	3,60	3,65	3,89	4,25	4,39	5,68
1	6,86	7,20	7,30	7,78	8,51	8,79	11,35
2	13,72	14,40	14,60	15,57	17,02	15,76	22,70
3	20,58	21,60	21,90	23,36	25,52	26,36	34,05
4	27,44	28,80	29,20	31,15	34,03	35,15	45,40
5	34,31	36,00	36,50	38,94	42,54	43,94	56,76
6	41,17	43,20	43,00	46,72	51,05	52,73	68,11
7	48,03	50,40	51,10	54,51	59,56	61,51	79,46
8	54,89	57,60	58,40	62,24	68,06	70,30	90,81
9	61,75	64,80	65,70	70,09	76,57	79,09	102,16
10	68,61	72,00	73,00	77,88	85,08	87,88	113,52
11	75,47	79,20	80,30	85,66	93,59	96,66	124,87
12	82,33	86,40	87,60	92,45	102,10	105,45	136,22
13	89,19	93,60	94,90	100,23	110,60	114,24	147,57
14	96,05	100,80	102,20	109,03	119,11	123,03	158,92
15	102,92	108,00	109,50	116,82	127,62	131,82	170,28
16	109,78	115,20	116,80	124,60	136,13	140,60	181,63
17	116,64	123,00	124,10	132,39	144,64	149,39	192,98
18	123,50	130,20	131,40	140,18	153,14	158,18	204,33
19	130,36	137,40	138,70	147,97	161,65	166,97	215,68
20	137,22	144,60	146,10	155,76	170,16	175,76	227,04

TABLA XVIII. — **Peso lineal de los hierros cuadrados y redondos**

Lado o diámetro mm	Peso del hierro cuadrado Kg/m	Peso del hierro redondo Kg/m	Lado o diámetro mm	Peso del hierro cuadrado Kg/m	Peso del hierro redondo Kg/m	Lado o diámetro mm	Peso del hierro cuadrado Kg/m	Peso del hierro redondo Kg/m
5	0,19	0,15	34	9,01	7,08	170	225,42	177,04
6	0,28	0,22	40	12,48	9,80	180	252,72	198,48
7	0,38	0,30	44	15,10	11,86	190	281,58	221,15
8	0,49	0,39	50	19,50	15,31	200	312,00	245,04
9	0,63	0,49	54	22,74	17,86	210	343,98	270,16
10	0,78	0,61	60	28,08	22,05	220	377,52	296,50
12	1,12	0,88	70	38,22	30,01	230	412,62	324,07
14	1,52	1,20	80	49,92	39,20	240	449,28	352,86
16	1,99	1,56	90	63,18	49,62	250	487,50	382,88
18	2,52	1,98	100	78,00	61,26	260	527,28	414,12
20	3,12	2,45	110	94,38	74,12	270	568,62	446,59
22	3,77	2,96	120	112,32	88,21	280	611,52	480,28
24	4,49	3,52	130	131,82	103,53	290	655,98	515,20
26	5,27	4,14	140	152,88	120,07	300	702,00	551,35
28	6,11	4,80	150	175,50	137,83	325	823,87	647,07
30	7,02	5,51	160	199,68	156,82	350	955,50	750,44

TABLA XIX. — **Dimensiones y peso de las chapas estriadas**
«ALTOS HORNOS DE VIZCAYA»

Espesor sin contar la estría mm	ANCHOS EN MILÍMETROS:						Peso
	750	900	1000	1100	1200	1250	Kg/m²
	LARGOS EN MILÍMETROS:						
5 ½	6000	5000	4000	3500	3000	3000	50,9
6	6000	5000	4500	4000	3500	3500	54,8
7	6000	5000	5000	4500	4000	3500	62,6
8	6000	5000	6000	5000	4500	3500	70,4
9	6000	5000	6000	6000	4500	3500	78,2
10	6000	5000	6000	6000	4500	3500	86,0

TABLA XX. — **Dimensiones y peso de las chapas galvanizadas lisas**
«ALTOS HORNOS DE VIZCAYA»

ESPESOR		DIMENSIONES	Peso de una chapa	ESPESOR		DIMENSIONES	Peso de una chapa
Números de la galga inglesa	Milímetros	m	Kg	Números de la galga inglesa	Milímetros	m	Kg
12	2,70	2,00 × 1,00	43,20	21	0,90	2,00 × 1,00	14,40
13	2,40	» »	38,40	22	0,80	» »	12,80
14	2,10	» »	33,60	23	0,70	» »	11,20
15	1,90	» »	30,40	24	0,60	» »	9,60
16	1,70	» »	27,20	25	0,55	» »	8,80
17	1,50	» »	24,00	26	0,50	» »	8,00
18	1,30	» »	20,80	27	0,45	» »	7,20
19	1,10	» »	17,60	28	0,40	» »	6,50
20	1,00	» »	16,00				

TABLA XXI.—**Dimensiones y peso de las chapas galvanizadas onduladas**
«ALTOS HORNOS DE VIZCAYA»

ESPESOR		ANCHO ÚTIL DE LA CHAPA (largo 2,00 m)			Peso de una chapa
Números de la galga inglesa	Milímetros	Fig. 1865	Fig. 1866	Fig. 1867	Kg
18	1,30	760	720	735	20,80
19	1,10	»	»	»	17,60
20	1,00	»	»	»	16,00
21	0,90	»	»	»	14,40
22	0,80	»	»	»	12,80
23	0,70	»	»	»	11,20
24	0,60	»	»	»	9,60
25	0,55	»	»	»	8,80
26	0,50	»	»	»	8,00
27	0,45	»	»	»	7,20
28	0,40	»	»	»	6,50

Si las ondas de la plancha ondulada tienen perfil parabólico, se calcula el momento de inercia de una onda por la fórmula:

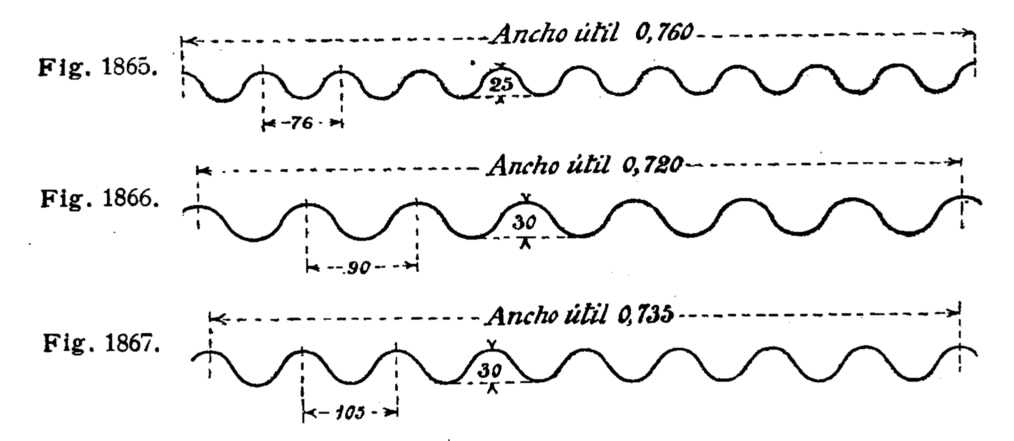


Fig. 1865.

Fig. 1866.

Fig. 1867.

$I' = 0{,}01905\,[(b + 2{,}6\,e)\,h^3 - (b - 2{,}6\,e)\,(h - 2\,e)^3]$, en la cual representan:

b la distancia entre los centros de dos ondulaciones sucesivas (9,0 cm en el caso de la figura 1866, por ejemplo), en cm,
h la altura total (es decir, incluyendo el espesor de la chapa) de cada onda (3,0 cm en la figura 1866), en centímetros,
e el espesor de la chapa, en centímetros.

Suponiendo el perfil de la figura 1866 y chapa del número 18:

$$I' = 0{,}01905\,[(9 + 2{,}6 \times 0{,}13)\,3^3 - (9 - 2{,}6 \times 0{,}13)\,(3 - 2 \times 0{,}13)^3] = 1{,}408 \text{ cm}^4$$

$$\frac{I'}{n} = \frac{I'}{{}^1/_2\,h} = \frac{1{,}408}{1{,}5} = 0{,}937 \text{ cm}^3 \text{ por onda.}$$

Como que un metro de ancho tiene $100/b$ ondas (11,11 en este caso) resultará $I/n = 0{,}937 \times 11{,}11 = 10{,}41$ cm³ por metro de ancho.

Según ello, con luz L de 2,00 m y simplemente apoyada por los extremos, soportaría la chapa una carga uniformemente repartida, trabajando el metal a 700 Kg/cm² (página 701):

$$P = \frac{8\,k}{L} \times \frac{I}{n} = \frac{8 \times 700}{200} \times 10{,}41 = 291{,}48 \text{ Kg por m de ancho.}$$

Tabla XXII. — **Peso lineal de los hierros en T para vidrieras**

Altura y ancho . mm	16/16	18/18	18/22	20/18	20/25	20/27
Peso . . . . . Kg/m	0,740	0,750	1,00	1,760	1,160	
Altura y ancho . mm	23/23	25/27	25/30	27/27	30/27	33/30
Peso . . . . . Kg/m	1,300	1,315	1,420	1,380	1,500	2,260
Altura y ancho . mm	40/35	45/40	50/45	55/50	60/65	70/65
Peso . . . . . Kg/m	3,350	4,120	5,00	5,650	6,500	9,00
Altura y ancho . mm	75/70	80/75	60/90	60/100	—	—
Peso . . . . . Kg/m	10,215	11,500	10,100	11,200	—	—

Peso de los hierros moldurados para vidrieras

Altura en mm.	18	20	25	30	35	40	45	50	60
Peso. . Kg/m	1,20	1,32	1,60	1,95	2,20	2,50	3,00	3,60	5,70

Tabla XXIII. — Dimensiones de contadores de agua

Números del calibre	Diámetro de los orificios mm	DIMENSIONES			Peso Kg	Consumo máximo a la presión de 30 metros m³/hora
		Longitud mm	Ancho mm	Altura mm		
			Sistema Bariquand y Marre			
1	8	197	120	249	11	1,500
2	10	220	145	293	16	2,500
3	15	260	163	360	27	4,000
4	20	314	200	412	42	6,000
5	30	390	276	472	77	15,000
6	40	450	330	535	125	25,000
7	60	590	430	595	226	40,000
8	80	840	650	800	500	70,000
9	100	1000	725	950	1100	100,000
			Sistema Frager-Michel			
1	8	175	115	250	12	—
2	10	260	170	350	30	—
3	15	290	190	430	45	—
4	20	350	230	510	65	—
5	30	430	280	660	140	—
6	40	520	340	780	225	—
7	60	700	400	930	450	—
8	80	760	470	1200	850	—
9	100	1000	600	1500	1300	—
10	150	1260	750	1920	2250	—
			Sistema Frost-Tavenet			
1	7	—	180	220	12	2,000
2	10	—	210	330	21	2,400
3	15	—	270	440	38	4,000
4	20	—	320	540	66	6,000
5	30	—	350	620	109	13,000
6	40	—	550	750	160	20,000
7	60	—	650	900	280	38,000
8	80	—	850	1150	560	60,000
			Sistema Kennedy			
—	7	300	270	400	—	—
—	10	320	310	530	—	—
—	15	360	350	730	—	—
—	20	360	380	870	—	—
—	30	460	460	1100	—	—
—	40	600	500	1270	—	—
—	60	610	665	1370	—	—
—	80	840	760	1700	—	—
—	100	840	830	1980	—	—

TABLA XXIV.—**Peso en kilogramos de los tubos y otros accesorios de fundición para canalizaciones de aguas negras y caseras**

NOMBRE DE LAS PIEZAS (unión por enchufe y cordón)	DIÁMETRO DE LOS TUBOS										
	81 mm	94 mm	108 mm	135 mm	162 mm	189 mm	216 mm	243 mm	270 mm	300 mm	320 mm
Tubos de 1,00 m largo	12,0	14,3	15,0	18,0	21,0	26,2	30,4	35,2	40,0	50,0	56,0
» de 0,65 » »	7,2	10,2	11,0	12,2	15,0	18,0	21,0	24,2	33,0	36,0	41,0
Empalmes de 0,50 m largo	6,5	8,0	9,0	10,6	12,2	16,7	18,0	22,0	—	28,0	—
» de 0,33 » »	4,6	5,5	6,1	8,1	9,6	11,5	14,1	16,5	21,5	25,0	26,5
» de 0,25 » »	4,1	5,0	5,6	6,2	7,6	9,6	11,5	13,1	—	21,5	—
» de 0,17 » »	2,6	3,1	3,6	4,6	5,5	6,1	8,5	10,0	13,0	15,0	15,7
Derivaciones sencillas	10,0	12,5	13,5	16,0	18,0	24,0	32,0	38,0	—	50,0	—
» dobles	12,0	15,5	16,5	19,0	24,0	30,0	36,0	44,0	—	60,0	—
Codos	2,7	3,6	4,1	5,1	7,2	10,2	12,2	13,1	20,0	23,0	25,0
Enchufes sencillos	10,5	13,5	14,2	17,0	18,8	27,0	33,0	40,0	48,0	55,0	60,0
» dobles	12,5	16,5	17,5	21,2	25,0	32,0	38,0	44,0	53,0	62,0	70,0
Delfines: largo 1,00 m	12,5	15,0	17,5	24,0	26,0	—	—	—	—	—	—
» » 0,50 »	9,0	10,0	11,0	14,0	16,0	—	—	—	—	—	—
Piezas T » 0,40 »	—	—	—	12,0	15,0	—	22,0	—	—	—	—

NOMBRE de las piezas (unión por enchufe y cordón)	TUBOS DE SECCIÓN ELÍPTICA CON EJES (EN CM) DE:													
	11 × 16		13 × 24		16 × 27		16 × 32		19 × 30		20 × 35		23 × 28	
	Long. cm	Peso Kg	Long. cm	Peso Kg	Long. cm	Peso Kg	Long. cm	Peso Kg	Long. cm	Peso Kg	Long. cm	Peso Kg	Long. cm	Peso Kg
Tubo	94	24,0	65	27,0	65	26,5	65	39,0	65	35,0	65	41,0	65	42,5
$^1/_2$ tubo	65	15,0	33	14,5	33	16,0	33	18,0	32	19,5	33	18,0	33	20,0
$^1/_4$ de tubo	33	9,0	17	8,0	17	9,0	17	10,0	—	—	17	12,0	—	—
$^1/_8$ de tubo	17	6,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Codos de plano	20	8,0	22	9,5	23	14,0	25	17,0	19	17,5	27	20,0	27	23,0
» de canto	20	8,0	20	10,0	20	14,5	22	17,5	19	18,0	22	22,0	22	26,0

NOMBRE de las piezas	Longitudes m	Peso en Kg de los canalones o regueras en ⊔ de fundición, para un ancho de:													
		81 mm		108 mm		122 mm		135 mm		162 mm		189 mm		216 mm	
		Reguera	Tapa	Reguera	Tapa	Reguera	Tapa	Reguera	Tapa	Reguera	Tapa	Reguera	Tapa	Reguera	Tapa
Reguera	1,00	8,5	6,5	10,0	9,0	13,0	10,0	14,5	10,5	17,0	12,5	20,5	14,0	26,0	16,0
Media reguera	0,50	4,5	3,2	5,5	4,5	7,5	4,0	8,5	5,5	9,5	6,9	11,6	7,5	14,0	8,0
Cuarto reguera	0,25	2,5	1,5	3,0	2,0	4,5	2,0	4,5	2,2	5,5	3,0	7,2	3,5	8,0	4,0
Uniones en T	0,50	7,0	—	8,0	—	9,0	—	11,0	—	10,5	—	14,5	—	16,0	—
Terminales	0,45	6,5	2,5	7,0	3,0	7,5	3,5	8,5	4,0	9,0	4,0	—	—	11,0	6,0
Codos rectos	0,25	3,0	1,7	3,2	2,0	3,7	—	4,5	3,0	6,5	4,0	—	—	9,0	5,0
» a $^1/_8$	—	1,8	0,7	2,0	0,9	3,0	—	3,0	1,0	4,0	1,5	6,8	—	5,5	2,0

CHAPAS ACANALADAS

Anchos . . cm	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	22	24	25
Peso lineal. Kg/m	6,8	7,3	7,8	8,3	8,8	9,3	9,8	10,3	10,8	11,3	13,3	15,3	15,8

CHAPAS DE REVESTIMIENTO

Anchos . . cm	15	20	25	30	35	40	45	50
Peso lineal. Kg/m	7,75	12,50	17,50	20,75	24,00	27,50	32,00	37,00

TABLA XXV. — **Peso de los tubos de fundición para conducciones de agua**

Diámetro interior mm	Espesor de las paredes mm	Longitud total m	Longitud útil m	Peso de un tubo Kg	Peso por metro útil de tubo Kg/m	Peso de una platina Kg
TUBOS DE ENCHUFE Y CORDÓN *(longitud total menos longitud útil = longitud del enchufe)*						
30	6,5	2,060	2,00	12,0	6,0	—
40	7,0	2,060	2,00	16,0	8,0	—
50	8,0	2,575	2,50	28,0	11,2	—
60	8,0	2,575	2,50	32,0	12,8	—
70	8,5	3,090	3,00	51,0	17,0	—
80	9,5	3,090	3,00	66,0	22,0	—
100	10,0	3,110	3,00	81,0	27,0	—
110	10,0	3,110	3,00	93,0	31,0	—
135	10,0	3,110	3,00	112,0	37,3	—
150	10,5	3,110	3,00	122,5	40,8	—
165	10,5	3,110	3,00	140,0	46,7	—
190	11,0	3,110	3,00	169,0	56,3	—
200	11,0	3,110	3,00	173,0	57,67	—
TUBOS DE BRIDAS O PLATINAS *(longitud útil = longitud total)*					*(Incluso platina)*	
40	7,0	2,000	—	15,0	8,0	1,5
50	8,0	2,100	—	22,0	11,4	1,6
60	8,0	2,100	—	26,0	14,0	3,2
70	8,5	2,100	—	33,0	17,5	3,5
80	9,5	3,100	—	60,0	20,7	3,0
100	10,0	3,100	—	69,0	24,0	4,2
110	10,0	3,100	—	85,0	29,2	5,5
135	10,0	3,100	—	112,5	38,6	6,5
150	10,5	3,100	—	124,0	42,1	7,0
165	10,5	3,100	—	130,0	44,5	8,0
200	11,0	3,100	—	147,5	51,2	10,7

TABLA XXVI. — **Bastidores y tapas de fundición para registros**

Diámetro del bastidor m	Diámetro de la tapa m	Peso aproximado Kg	Diámetro del bastidor m	Diámetro de la tapa m	Peso aproximado Kg
1,05	0,85	330	0,50	0,40	50
1,00	0,80	300	0,50	0,35	48
0,95	0,75	270	0,45	0,30	40
0,90	0,70	240	0,40	0,30	35
0,85	0,65	200	0,40	0,25	30
0,80	0,60	180	0,35	0,20	22
0,70	0,55	110	0,30	0,20	16
0,60	0,50	80	0,30	0,15	15
0,60	0,45	75			

Tabla XXVII. — Peso lineal de los tubos

Diámetro interior	Espesor de las paredes del tubo, en milímetros: 1,5			2,0			2,5			3,0			3,5		
	Hierro	Plomo	Cobre	Hierro	Plomo	Cobre	Hierro	Plomo	Cobre	Hierro	Plomo	Cobre	Hierro	Plomo	Cobre
mm	Kg/m	Kg/m	Kg/m	Kg/m	Kg/m	Kg/m	Kg/m	Kg/m	Kg/m	Kg/m	Kg/m	Kg/m	Kg/m	Kg/m	Kg/m
10	0,42	0,65	0,47	0,58	0,85	0,62	0,69	1,00	0,73	0,96	1,40	1,02	1,13	1,65	1,19
12	0,52	0,75	0,55	0,62	0,90	0,72	0,90	1,30	0,95	1,10	1,60	1,16	1,38	2,00	1,45
13	0,58	0,85	0,62	0,69	1,00	0,73	0,96	1,40	1,02	1,24	1,80	1,31	1,41	2,05	1,49
16	0,76	1,10	0,80	0,90	1,30	0,95	1,13	1,65	1,19	1,38	2,00	1,45	1,57	2,40	1,75
18	0,90	1,30	0,95	1,03	1,50	1,09	1,24	1,80	1,31	1,53	2,20	1,60	1,79	2,60	1,89
20	—	—	—	1,17	1,70	1,24	1,38	2,00	1,45	1,68	2,45	1,78	2,03	2,95	2,15
25	—	—	—	—	—	—	1,57	2,40	1,75	2,06	3,00	2,18	2,44	3,55	2,58
27	—	—	—	—	—	—	1,89	2,75	2,00	2,16	3,15	2,29	2,60	3,80	2,76
30	—	—	—	—	—	—	2,20	3,20	2,33	2,41	3,50	2,55	2,89	4,20	3,05
35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,76	4,00	2,91	3,30	4,80	3,49
40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3,44	5,00	3,63

Tabla XXVIII. — Peso lineal de los tubos de gres vidriado para canalizaciones

De J. Godin et Delaherpe				De Doulton et Cie.			
Diametro interior mm	Peso Kg/m	Diámetro interior mm	Peso Kg/m	Diámetro interior mm	Peso Kg/m	Diámetro interior mm	Peso Kg/m
50	4,00	350	75,00	50	4,00	254	48,00
100	12,00	400	90,00	75	10,00	305	56,00
150	24,00	450	120,00	100	12,00	380	86,00
170	34,00	500	205,00	125	18,00	457	120,00
225	40,00	550	210,00	152	24,00	530	200,00
250	50,00	600	225,00	190	34,00	610	225,00
300	56,00			228	40,00	760	400,00

e hierro dulce, de plomo y de cobre

Diámetro interior	Espesor de las paredes del tubo, en milímetros:														
	4,0			4,5			5,0			6,0			7,0		
	Hierro	Plomo	Cobre	Hierro	Plomo	Cobre	Hierro	Plomo	Cobre	Hierro	Plomo	Cobre	Hierro	Plomo	Cobre
mm	Kg/m	Kg/m	Kg/m	Kg/m	Kg/m	Kg/m	Kg/m	Kg/m	Kg/m	Kg/m	Kg/m	Kg/m	Kg/m	Kg/m	Kg/m
10	1,38	2,00	1,45	1,58	2,30	1,67	1,82	2,65	1,93	2,34	3,40	2,47	—	—	—
12	1,53	2,20	1,60	1,79	2,60	1,89	2,06	3,00	2,18	2,65	3,85	2,60	—	—	—
13	1,72	2,50	1,82	1,94	2,80	2,04	2,20	3,20	2,33	2,75	4,00	2,91	3,44	5,00	3,63
16	2,06	3,00	2,18	2,23	3,25	2,36	2,54	3,70	2,69	3,23	4,70	3,42	3,92	5,70	4,14
18	2,13	3,10	2,25	2,44	3,55	2,58	2,75	4,00	2,91	3,50	5,10	3,71	4,26	6,20	4,51
20	2,34	3,40	2,47	—	—	—	3,06	4,45	3,24	3,79	5,50	4,00	4,64	6,75	4,81
25	2,85	4,15	3,02	—	—	—	3,67	5,35	3,89	4,57	6,65	4,83	5,50	8,00	5,81
27	3,02	4,40	3,20	—	—	—	3,88	5,65	4,11	4,81	7,00	5,09	5,77	8,40	6,11
30	3,25	4,90	3,56	—	—	—	4,29	6,25	4,54	5,29	7,70	5,60	6,35	9,25	6,73
35	3,81	5,55	4,03	4,36	6,35	4,62	4,81	7,15	5,20	6,01	8,75	6,36	7,21	10,50	7,63
40	4,30	6,25	4,54	4,81	7,15	5,20	5,50	8,00	5,81	6,77	9,85	7,16	8,07	11,75	8,54
45	—	—	—	5,46	7,95	5,78	6,11	8,90	6,47	7,52	10,95	7,96	8,93	13,00	9,45
50	—	—	—	6,01	8,75	6,36	6,73	9,80	7,13	8,25	12,00	8,72	9,68	14,10	10,25
55	—	—	—	6,73	9,80	7,13	7,35	10,70	7,78	8,96	13,05	9,49	10,55	15,35	11,16
60	—	—	—	—	—	—	7,97	11,60	8,43	9,68	14,10	10,25	11,47	16,70	12,14
65	—	—	—	—	—	—	8,52	12,40	9,02	10,37	15,10	10,98	12,36	18,00	13,09
70	—	—	—	—	—	—	9,17	13,35	9,70	11,16	16,25	11,81	13,19	19,20	13,96
80	—	—	—	—	—	—	10,41	15,15	11,02	12,64	18,40	13,38	14,90	21,70	15,78
95	—	—	—	—	—	—	12,23	17,80	12,94	14,84	21,60	15,70	17,48	25,45	18,50
110	—	—	—	—	—	—	14,08	20,50	15,10	17,04	24,80	18,03	20,06	29,20	21,23

TABLA XXIX. — **Peso lineal de los tubos de hierro laminado**

DIÁMETRO exterior mm	ESPESOR mm	PESO lineal Kg/m	DIÁMETRO exterior mm	ESPESOR mm	PESO lineal Kg/m
25	2,00	1,150	120	4,25	11,720
27	2,00	1,200	125	4,25	12,220
30	2,00	1,500	130	4,25	12,730
32	2,25	1,600	135	4,25	13,230
35	2,25	1,700	140	4,50	14,540
40	2,50	1,800	145	4,50	15,070
45	2,50	2,540	150	4,50	15,610
50	2,75	3,150	155	4,50	16,150
55	2,75	3,440	160	4,50	16,690
60	3,00	4,000	165	4,50	17,220
65	3,00	4,460	170	4,50	17,790
70	3,00	4,810	175	4,50	18,300
75	3,00	5,180	180	4,50	18,830
80	3,25	5,950	185	5,00	19,730
85	3,25	6,330	190	5,50	20,650
90	3,25	6,730	195	5,75	21,660
95	3,25	7,110	200	6,00	22,720
100	3,75	8,638	205	6,00	23,570
105	3,75	9,080	210	6,00	24,420
110	3,75	9,530	215	6,00	25,270
115	3,75	9,970	220	6,50	28,678

TABLA XXX. — **Peso de toneles de palastro galvanizado**

CAPACIDAD en litros	DIÁMETRO exterior m	LONGITUD exterior m	PESO Kg
100	0,46	0,66	21
150	0,52	0,80	35
200	0,54	1,00	46
220	0,56	1,00	50
250	0,60	1,00	57
300	0,63	1,00	64
400	0,68	1,17	78
500	0,75	1,20	90
600	0,82	1,20	106
700	0,90	1,20	120
800	0,93	1,30	150
900	0,94	1,30	160
1000	0,94	1,45	170
1500	1,02	1,93	267
2000	1,11	2,11	340

TABLA XXXI. — **Peso de depósitos cilíndricos para agua**

Capacidad en litros	1000	1500	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000
Diámetro . . m	1,03	1,22	1,13	1,39	1,56	1,75	1,87	2,02	2,12	2,24	2,36
Altura . . . m	1,20	1,30	2,00	2,00	2,10	2,10	2,10	2,20	2,30	2,30	2,30
Peso aproximado, Kg	165	220	320	380	510	610	650	740	800	960	1060

TABLA XXXII. — **Peso de depósitos rectangulares para agua**

Capacidad en litros	1000	1500	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000
Largo . . . m	1,00	1,50	2,00	2,00	2,00	2,50	2,50	3,00	3,10	3,50	3,85
Ancho . . . m	1,00	1,00	1,00	1,50	2,00	2,00	2,00	1,95	2,00	2,00	2,00
Altura . . . m	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,20	1,20	1,30	1,30	1,00
Peso aproximado, Kg	180	250	330	440	550	670	740	850	920	1100	1200

TABLA XXXIII. — **Peso de chimeneas de palastro**

Diámetro m	Espesor mm	Longitud de los tramos m	Peso lineal Kg/m	Diámetro m	Espesor mm	Longitud de los tramos m	Peso lineal Kg/m
0,20	3	4,00	18	0,55	4	5,00	65
0,25	3	4,00	23	0,60	4	5,00	69
0,30	3	4,00	27	0,70	5	6,00	100
0,35	3	4,00	32	0,80	6	6,00	136
0,40	4	5,00	45	0,90	6	6,00	153
0,45	4	5,00	52	1,00	7	6,00	192
0,50	4	5,00	57				

DATOS SOBRE CONSTRUCCIONES DIVERSAS

Almacenes.—Los almacenes son locales destinados a guardar mercancías. Están sometidos, según la naturaleza de los objetos que deben contener, a una legislación especial. La ventilación en estos locales debe ser muy enérgica.

Cocheras.—Un *carro* para paja o para estiércol tiene de 6,30 a 7,50 m de largo con lanza (sin lanza 3,80 a 4,80 m); el ancho es de 2,00 a 2,20 metros.

Un *arado* mide entre 2,50 y 3,00 m de largo y de 1,30 a 1,70 metros de ancho.

Cada *grada* (colocada verticalmente) ocupa una superficie de 0,50 m^2.

Una *segadora* tiene 6,20 de largo y 3,60 m de ancho; a estas cifras hay que agregar 3,50 m para la lanza.

Una *sembradora* por líneas: 3,00 m de largo por 2,30 de ancho.

Una sembradora a vuelo tiene 4,00 metros de largo por 4,00 de ancho.

Una *locomóvil* tiene 3,00 m de largo por 1,80 de ancho.

Un *coche,* sin lanza, ocupa de tres a cuatro metros de longitud por 1,60 ó 1,90 m de ancho. Con lanza, hay que tomar 6,30 m de largo. La altura puede llegar hasta 2,80 metros.

Una *bomba de incendios* tiene 3,00 m de largo por 1,60 de ancho y 1,90 m de altura; con lanza, la longitud es de 5,40 metros.

Las puertas de estas dependencias deben tener: para coches, 2,50 m de ancho y 3 m de altura; para carros 4,40 m de ancho a fin de facilitar la ordenación interior.

Cobertizos para bicicletas.—La generalización del empleo de las bicicletas ha inducido a los constructores a establecer garajes para las mismas, en los edificios de nueva construcción. Generalmente, es posible instalarlos en los patios, pues, dada la poca altura necesaria, no constituyen estorbo. En las figuras 1868 a 1870 damos un ejemplo de esta clase. Cada bicicleta, bien colocada, ocupa aproximadamente un volumen de $0{,}60 \times 1{,}40 \times 2{,}50$ metros.

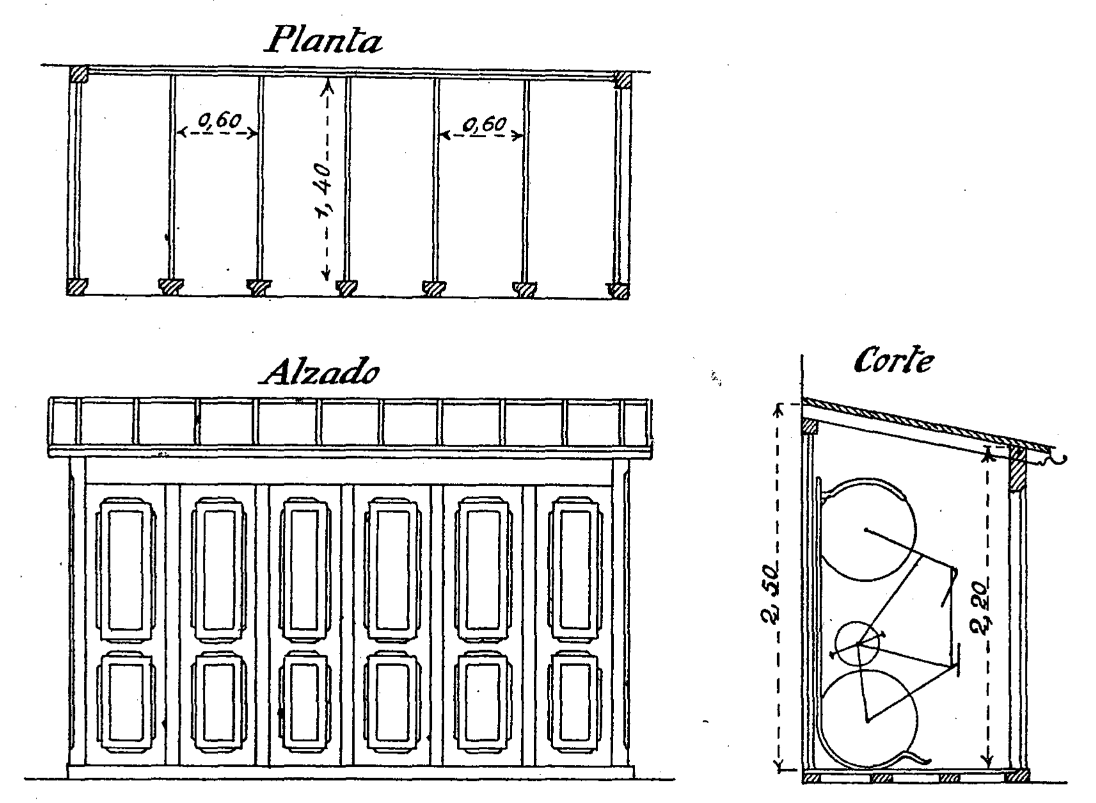
Graneros.—Sus fachadas deben estar orientadas a levante o a poniente. Los cuerpos de edificio deben estar colocados, lo menos, a ocho metros unos de otros.

Los graneros pueden calcularse partiendo de la base de 50 m^3 de grano por hectárea de tierra cultivada. Deben estar provistos de algunas ventanas, dotadas de telas metálicas para impedir el

paso de los pájaros granívoros, y han de estar a cierta altura del suelo para evitar los efectos de la humedad.

El piso de un granero debe tener treinta centímetros de espesor y exige—por metro cuadrado—0,47 m³ de tierra franca mezclada con diez litros de agua alquitranada. Su altura varía entre 4,50 y 5,00 metros.

Gallineros.—Deben tener piso de tierra apisonada y un enarenado fino y seco, debajo de las perchas, para impedir que las deyecciones se adhieran al suelo; la cubierta debe ser aislante, de paja o



Figs. 1868 a 1870.—Cobertizo para bicicletas.

de tejas. Manteniendo—en gallineros grandes—una temperatura de 18° aproximadamente, se obtienen casi tantos huevos en invierno como en verano; por ello, cuando es posible, se adosa el gallinero a un horno. El gallinero tiene como anejo un corral con piso de gravilla seca.

Se construyen con muros gruesos blanqueados con cal; algunas veces, se practican en ellos nichos que sirven de ponederos, pero también se pueden preparar los nidos de las gallinas por medio de cestos de mimbre de 0,25 × 0,25 m, colocados unos encima de otros y servidos por una escalera colocada contra los mismos, que permite el acceso de las gallinas a los diferentes pisos.

Las perchas son especies de escaleras inclinadas a 45° y cuyos palos están espaciados unos 0,50 m. También se hacen perchas horizontales, establecidas de modo que puedan quitarse, con objeto de facilitar la limpieza. Esta disposición tiene también la ventaja

de asegurar la concordia entre las gallinas, impidiendo que se peleen por ocupar los escalones superiores, cosa que ocurre siempre con las perchas inclinadas.

Conejeras.—Para el establecimiento de una conejera se puede contar aproximadamente con 0,50 m²—por cada compartimiento—para un conejo macho y 1,00 m² para una hembra; altura mínima: 0,60 m. Se puede instalar un vivar artificial practicando en el suelo una excavación de 1,80 ó 2,00 m y cubriendo después con un grueso enrejado de hierro galvanizado.

Criaderos de gusanos de seda.—Es menester calcular el sitio necesario por la extensión que los gusanos de seda deben ocupar en su última edad, es decir, en el instante en que hacen sus capullos; cien gusanos necesitan un espacio de 0,33 m de lado para estar en las debidas condiciones. Se disponen en un local especial *zarzos* o andanas, de 0,33 m de ancho por 2,00 m de largo, dejando alrededor un espacio de 0,70 de ancho lo menos para el servicio; entre cada zarzo se dejan 0,66 m de intervalo para que los gusanos tengan suficiente aire. Se elegirá con preferencia la orientación a levante o a poniente, por ser las más templadas. En todas las disposiciones de un criadero, se tendrá siempre en cuenta la extremada sensibilidad de los gusanos de seda, debiendo procurarse renovarles el aire, lo que contribuye poderosamente a conservarlos en buen estado. La entrada principal no comunicará directamente con el aire exterior y estará precedida de un vestíbulo; debe haber muchas ventanas y en el interior se dispondrán aparatos de calefacción, para conservar constantemente una temperatura de 25° centígrados.

Apriscos.—Requieren bastante espesor de fábrica y cubiertas de teja impermeable, debiendo estar expuestos al mediodía, siempre que sea posible.

Hay que contar como término medio 1,00 m² por cabeza. La altura varía, según el ancho del edificio, entre tres y cuatro metros. Las puertas tendrán 1,00 m de ancho por 1,90 m de altura. A cada cuatro metros se colocará una ventana de 1,00 m de ancho por 0,75 m de altura, situada a unos dos metros del suelo.

Se pueden proyectar los apriscos partiendo de los datos siguientes:

para un animal de un año	0,5 a 0,6 m²	en promedio 0,6 a 0,7 m² por cabeza
» un carnero	0,6 a 0,7 m²	
» una oveja madre . .	0,7 a 0,8 m²	

La profundidad no debe ser inferior a 9,50 m, ni pasar de 12,50. Para la colocación de los comederos se cuenta, para una oveja, una

superficie de 1,00 m de largo por 0,40 de ancho; los comederos dobles estarán situados a una distancia de 2,80 m entre sí (de eje a eje) y a 1,90 de los muros.

En todos los intervalos de las cerchas de la armadura se disponen ventiladores de 0,16 a 0,21 m de lado. Los techos, si hay graneros, serán forjados y por lo menos de 16 cm de espesor.

El piso del aprisco debe estar 16 cm sobre el nivel del terreno exterior, puede ser de hormigón y debe tener una pendiente de dos centímetros por metro, para que los líquidos viertan en las cunetas.

Un carnero consume 100 Kg de heno, durante los seis meses de mal tiempo.

La arista inferior del rastrillo ha de estar a 0,47 m de altura sobre el piso; aquél medirá 0,47 m de altura, estará ligeramente inclinado y los barrotes guardarán entre sí una separación de diez centímetros.

Una oveja y un morueco, en el instante de la reproducción, necesitan un espacio separado de dos metros cuadrados.

La enfermería ha de poder contener, aproximadamente, el 6 °/₀ de la totalidad de los carneros.

Porquerizas.—La fachada principal debe orientarse al sur, necesitándose:

para un cerdo de raza grande .	1,00 m²
» » cerdo de talla pequeña.	0,80 m²
» » lechón.	0,50 a 0,60 m²
» » verraco	3,00 a 3,50 m²
» una cerda	3,50 a 4,00 m² o sea 2,4 × 1,60 m.

Por cada cerdo de engorde se necesitan de 1,60 a 2,00 m², cuando se ponen de dos en dos; si se ponen varios juntos, es suficiente contar 1,20 ó 1,60 m² por cada animal.

Un verraco es suficiente para diez o doce cerdas.

Las porquerizas deben tener una altura de 2,30 a 2,50 m; los tabiques de separación basta que sean de 1,25 a 1,60 m de altura.

El piso debe ser impermeable y no presentar intersticios que permitan al animal hozar. Se pueden emplear ladrillos duros sentados de canto en baño flotante de cemento, sobre un buen hormigón, con una pendiente de $^1/_{12}$ aproximadamente.

Los comederos han de medir 0,32 m de ancho y una capacidad de doce litros por cada cerdo.

Boyeras.—Es conveniente la orientación a levante; también se pueden orientar al mediodía, con las ventanas mirando al norte.

El ancho mínimo de un establo de una sola fila de animales es de cinco metros, que se descomponen en: 3,50 m para el comedero y el

animal, 1,00 m por lo menos para el pasillo de servicio y 0,50 m para colgar los yugos. Sitio ocupado por los animales sin contar el comedero, un buey: 2,30 a 2,50 m de largo por 1,00 ó 1,25 m de ancho; una vaca: 2,00 a 2,20 m de largo por 1,00 ó 1,15 de ancho; una ternera: 1,90 m de largo por 0,90 de ancho; un ternero criado en departamento separado: 1,40 a 1,60 m². Se requiere un toro para cada treinta o cuarenta vacas.

Si el pasillo de alimentación está comprendido entre dos pesebres, debe tener 1,90 ó 2,00 m de ancho. El pasillo para sacar el estiércol ha de medir 1,25 m de ancho.

La altura interior conviene que sea de 3,00 ó 3,50 metros. Las chimeneas de aspiración tienen 0,60 m de ancho y 0,20 m de alto y se colocan lo más cerca posible del techo; se maniobran por medio de un tirador.

Las puertas tendrán 1,25 ó 1,50 m de ancho y, por lo menos, 2,00 m de altura. Las ventanas deben colocarse a una altura de 1,25 m del suelo y su número debe ser tal que la superficie total de las mismas corresponda a 0,20 m² por metro cuadrado de establo.

Los comederos han de estar a 0,80 m del suelo, aproximadamente, y tener 0,50 m de ancho por 0,30 m de profundidad; se construyen de madera, de piedra o de fundición esmaltada.

El suelo puede pavimentarse, con una pendiente de unos ocho centímetros por metro.

La cantidad de forraje que debe tenerse en cuenta para calcular las dimensiones del henil, es de 1000 a 1100 Kg (o sea 10 u 11 m³) de heno para la temporada de invierno. Las ventanas del henil han de ser cuadradas, de un metro de lado, y estar muy distantes unas de otras, diez o quince metros; el forraje verde necesita 0,40 ó 0,60 m² por bestia.

Caballerizas.—Las orientaciones al mediodía y a levante son las más convenientes, en nuestros climas.

Las cuadras, lo mismo que las casas, deben reunir las principales condiciones siguientes: estar resguardadas de la humedad, tener suficiente luz, el espacio necesario y una ventilación que asegure siempre la pureza del aire; además, su disposición debe ser adecuada y de fácil acceso.

En las cuadras ordinarias, los caballos están sencillamente atados unos junto a otros, o bien separados por piezas de madera —llamadas *bate-flancos* y suspendidas del techo — o también por tabiques fijos o mamparos de madera.

El espacio que hay que contar, por cada caballería, varía con la manera como se haga la instalación.

En las cuadras comunes, donde los caballos de trabajo se colocan en una fila, se cuenta por lo menos 1,50 m de ancho para cada

caballo. La longitud necesaria se descompone en los elementos siguientes: 1,00 m para el comedero y el amarre del animal, 2,50 m para la caballería, 1,50 m para el pasillo de servicio situado detrás de los caballos; en total cinco metros. Cuando se empleen separaciones fijas debe aumentarse el ancho hasta 1,80 m como mínimo, y la profundidad total medirá seis metros.

Los *boxes,* que son los compartimientos destinados a albergar los caballos sin atar y conservando su libertad de movimientos, tienen dimensiones mucho mayores, que varían entre cuatro y seis metros de largo por tres o cinco de ancho. La altura de las separaciones varía de dos a tres metros, la puerta tiene 1,10 m de ancho.

La altura más conveniente es la de unos cuatro metros; no debe pasar de 4,40 porque, entonces, las cuadras resultan frías.

Una puerta ordinaria de cuadra debe tener 1,50 × 2,30 m. Puede ser de corredera o de goznes; a menudo están recortadas horizontalmente hacia la mitad, lo que permite abrir la parte superior, conservando cerrada la cuadra. Las ventanas se hacen, algunas veces, semicirculares, pero es más cómodo que sean rectangulares, de 1,00 m de ancho por 0,65 m de altura, lo cual permite colocarlas lo más cerca posible del techo; en tal caso, se abren por medio de un fuelle o de un tirador.

El piso de la cuadra debe estar, siempre, más elevado que el terreno exterior y debe asegurarse la salida de los orines, dándole una pendiente de tres o cuatro centímetros por metro, como máximo, a fin de que el declive del piso no sea una causa de fatiga para el caballo. Las cuadras ordinarias pueden pavimentarse con adoquines de granito bien aparejados, colocados a baño flotante de mortero sobre un firme de hormigón y rejuntando cuidadosamente con cemento. El entarugado—mediante piezas de madera con las fibras dispuestas verticalmente—es más suave para las patas de los caballos, pero se impregna fácilmente con los orines. En Alemania, se dispone un verdadero emparrillado hecho por secciones con piezas de madera de encina o de alerce, colocadas con una separación de diez o quince milímetros para asegurar la salida a las deyecciones líquidas; dichas piezas reposan sobre viguetas colocadas transversalmente. Cada emparrillado obtenido de esta manera puede levantarse, cuando sea necesario, para limpiar. El piso que hay debajo se dispone con dos pendientes para recoger las aguas en el centro y conducirlas al exterior; se puede construir de hormigón con chapa de cemento y asfalto encima, o también de ladrillo rejuntado con cemento. Con este sistema de entablado, el pavimento del emparrillado puede ser horizontal.

Generalmente, encima de la cuadra se dispone un granero y henil. Para evitar que las emanaciones procedentes de la cuadra alteren el forraje, se debe hacer un suelo con forjado de bovedillas

animal, 1,00 m por lo menos para el pasillo de servicio y 0,50 m para colgar los yugos. Sitio ocupado por los animales sin contar el comedero, un buey: 2,30 a 2,50 m de largo por 1,00 ó 1,25 m de ancho; una vaca: 2,00 a 2,20 m de largo por 1,00 ó 1,15 de ancho; una ternera: 1,90 m de largo por 0,90 de ancho; un ternero criado en departamento separado: 1,40 a 1,60 m². Se requiere un toro para cada treinta o cuarenta vacas.

Si el pasillo de alimentación está comprendido entre dos pesebres, debe tener 1,90 ó 2,00 m de ancho. El pasillo para sacar el estiércol ha de medir 1,25 m de ancho.

La altura interior conviene que sea de 3,00 ó 3,50 metros. Las chimeneas de aspiración tienen 0,60 m de ancho y 0,20 m de alto y se colocan lo más cerca posible del techo; se maniobran por medio de un tirador.

Las puertas tendrán 1,25 ó 1,50 m de ancho y, por lo menos, 2,00 m de altura. Las ventanas deben colocarse a una altura de 1,25 m del suelo y su número debe ser tal que la superficie total de las mismas corresponda a 0,20 m² por metro cuadrado de establo.

Los comederos han de estar a 0,80 m del suelo, aproximadamente, y tener 0,50 m de ancho por 0,30 m de profundidad; se construyen de madera, de piedra o de fundición esmaltada.

El suelo puede pavimentarse, con una pendiente de unos ocho centímetros por metro.

La cantidad de forraje que debe tenerse en cuenta para calcular las dimensiones del henil, es de 1000 a 1100 Kg (o sea 10 u 11 m³) de heno para la temporada de invierno. Las ventanas del henil han de ser cuadradas, de un metro de lado, y estar muy distantes unas de otras, diez o quince metros; el forraje verde necesita 0,40 ó 0,60 m² por bestia.

Caballerizas.—Las orientaciones al mediodía y a levante son las más convenientes, en nuestros climas.

Las cuadras, lo mismo que las casas, deben reunir las principales condiciones siguientes: estar resguardadas de la humedad, tener suficiente luz, el espacio necesario y una ventilación que asegure siempre la pureza del aire; además, su disposición debe ser adecuada y de fácil acceso.

En las cuadras ordinarias, los caballos están sencillamente atados unos junto a otros, o bien separados por piezas de madera —llamadas *bate-flancos* y suspendidas del techo — o también por tabiques fijos o mamparos de madera.

El espacio que hay que contar, por cada caballería, varía con la manera como se haga la instalación.

En las cuadras comunes, donde los caballos de trabajo se colocan en una fila, se cuenta por lo menos 1,50 m de ancho para cada

caballo. La longitud necesaria se descompone en los elementos siguientes: 1,00 m para el comedero y el amarre del animal, 2,50 m para la caballería, 1,50 m para el pasillo de servicio situado detrás de los caballos; en total cinco metros. Cuando se empleen separaciones fijas debe aumentarse el ancho hasta 1,80 m como mínimo, y la profundidad total medirá seis metros.

Los *boxes,* que son los compartimientos destinados a albergar los caballos sin atar y conservando su libertad de movimientos, tienen dimensiones mucho mayores, que varían entre cuatro y seis metros de largo por tres o cinco de ancho. La altura de las separaciones varía de dos a tres metros, la puerta tiene 1,10 m de ancho.

La altura más conveniente es la de unos cuatro metros; no debe pasar de 4,40 porque, entonces, las cuadras resultan frías.

Una puerta ordinaria de cuadra debe tener 1,50 × 2,30 m. Puede ser de corredera o de goznes; a menudo están recortadas horizontalmente hacia la mitad, lo que permite abrir la parte superior, conservando cerrada la cuadra. Las ventanas se hacen, algunas veces, semicirculares, pero es más cómodo que sean rectangulares, de 1,00 m de ancho por 0,65 m de altura, lo cual permite colocarlas lo más cerca posible del techo; en tal caso, se abren por medio de un fuelle o de un tirador.

El piso de la cuadra debe estar, siempre, más elevado que el terreno exterior y debe asegurarse la salida de los orines, dándole una pendiente de tres o cuatro centímetros por metro, como máximo, a fin de que el declive del piso no sea una causa de fatiga para el caballo. Las cuadras ordinarias pueden pavimentarse con adoquines de granito bien aparejados, colocados a baño flotante de mortero sobre un firme de hormigón y rejuntando cuidadosamente con cemento. El entarugado—mediante piezas de madera con las fibras dispuestas verticalmente—es más suave para las patas de los caballos, pero se impregna fácilmente con los orines. En Alemania, se dispone un verdadero emparrillado hecho por secciones con piezas de madera de encina o de alerce, colocadas con una separación de diez o quince milímetros para asegurar la salida a las deyecciones líquidas; dichas piezas reposan sobre viguetas colocadas transversalmente. Cada emparrillado obtenido de esta manera puede levantarse, cuando sea necesario, para limpiar. El piso que hay debajo se dispone con dos pendientes para recoger las aguas en el centro y conducirlas al exterior; se puede construir de hormigón con chapa de cemento y asfalto encima, o también de ladrillo rejuntado con cemento. Con este sistema de entablado, el pavimento del emparrillado puede ser horizontal.

Generalmente, encima de la cuadra se dispone un granero y henil. Para evitar que las emanaciones procedentes de la cuadra alteren el forraje, se debe hacer un suelo con forjado de bovedillas

de ladrillo. Por este suelo se hacen atravesar, para conducirlos hasta el caballete de la cubierta, los conductos de ventilación destinados a evacuar el aire viciado. Las trampillas que se hacen a menudo debajo del rastrillo, para facilitar el servicio, tienen el inconveniente de que el polvo que los forrajes desprenden perjudica la vista y las vías respiratorias del animal. Es mejor practicar una salida al exterior o a un compartimiento completamente separado y hacer el servicio desde el mismo.

El comedero debe tener 0,35 ó 0,40 m de abertura en la parte superior y 0,15 ó 0,25 m en el fondo; la profundidad debe ser de 0,30 aproximadamente. La arista superior del comedero estará a 0,95 ó 1,10 m sobre el suelo para los caballos pequeños, o bien a 1,20 ó 1,30 m para caballos grandes. Los rastrillos descansan sobre grapas empotradas a unos 0,35 m por encima del comedero; tienen de 0,65 a 0,70 m de altura; por la parte inferior están en contacto con el muro, y por la superior se hallan a 0,40 m del mismo, es decir, que están colocados con bastante inclinación. Los barrotes tienen de veinte a veinticinco milímetros de diámetro y deben guardar una separación de diez a trece centímetros, de eje a eje.

La cuadra dispuesta contra un muro medianero debe tener un contramuro de aislamiento, de un ladrillo de espesor.

Pozos.—Los *pozos ordinarios* tienen de 1,00 a 1,30 m de diámetro interior y están revestidos por una fábrica hidráulica de 25 a 30 cm de espesor, construída a medida que se va practicando la excavación, para evitar el blindaje, que de otro modo sería indispensable.

El pozo puede ser medianero; si hay dos pozos adosados a un muro divisorio deben distar entre sí, por lo menos, un metro, medido desde el interior de los pozos. Entre un pozo de agua y un foso negro, la distancia mínima debe ser de 1,30 metros.

Los *pozos artesianos* tienen de veinte a treinta centímetros de diámetro; la profundidad varía con la de las capas subterráneas.

Los *pozos tubulares,* llamados *instantáneos,* pueden prestar grandes servicios. Se construyen con una pera hueca llena de agujeros y roscada al extremo de un tubo de hierro de seis o siete centímetros de diámetro interior. Se introduce este tubo en la tierra, por medio de una maza, después se agrega otro tubo—unido al primero por un manguito con rosca en los dos sentidos—y así se continúa hasta llegar a la profundidad necesaria; después, se adapta al interior de este tubo una bomba que extrae el agua.

CANTIDAD DE AGUA NECESARIA.—Como mínimo, se necesitan por día: 10 litros por persona; 40 litros para un caballo; 30 litros por cabeza de ganado vacuno; 5 litros para un cerdo y 2 litros para un carnero.

ELEVACIÓN DEL AGUA.—Un hombre puede elevar diariamente, a un metro de altura, las cantidades de agua siguientes:

con cubo.	47 m^3	con tornillo de Arquímedes	92 m^3
con rosario.	70 »	con noria	120 »
con bomba.	86 »	con tímpano	184 »

Los siguientes datos son debidos a d'Aubuisson y se han obtenido por medio de experimentos hechos con un *tornillo de Arquímedes* de 0,487 m de diámetro por 8,40 m de longitud y ángulo de inclinación de la hélice de 62°; la velocidad de rotación era de 60 vueltas por minuto.

Inclinación del eje	Altura de elevación	Rendimiento
30°	3,77 m	129,60 m^3/hora
35°	4,46 »	102,80 »
40°	5,14 »	67,90 »
45°	5,83 »	37,00 »
50°	6,17 »	14,40 »
55°	6,51 »	5,10 »

Según Belidor, la *achicadora holandesa* permite elevar 120 m^3 de agua, a un metro de altura, en 8 horas de trabajo. Esta máquina sólo conviene para alturas de 1,00 a 1,40 m como máximo.

Con el *rosario* inclinado (30 a 40°) ejerciendo un hombre en el manubrio un esfuerzo de 8 Kg, con una velocidad de 0,75 m por segundo, se pueden elevar—en ocho horas—de 80 a 90 m^3 de agua a un metro de altura.

Navier dice que una *noria*, movida por un caballo, puede elevar en una jornada de 115 a 130 metros cúbicos de agua a un metro de altura.

Para alturas h superiores a cuatro metros, se calcula el rendimiento por la fórmula siguiente:

$$E = 0{,}80 \frac{h}{h + 0{,}75}.$$

Dimensiones, datos e instrucciones diversas sobre la manera de ejecutar los edificios, se encontrarán en las ordenanzas municipales de cada localidad y en los reglamentos de los respectivos ministerios de Obras públicas. Pueden consultarse—por ejemplo—las «Ordenanzas municipales» de Madrid y las de Barcelona; de ambas se hallará un extracto en la obra de C. Levi, *Tratado de Construcciones civiles,* primer tomo.

ÍNDICE ALFABÉTICO

B

C

CH

D

E

N

O

P

U

V

Y

Z

ÍNDICE ANALÍTICO

CAPÍTULO PRIMERO.—Trabajos preparatorios y reconocimiento del terreno

CAPÍTULO II.—Fábricas en general

Capítulo III.—Obras de pavimentación

Capítulo IV.—Obras accesorias

Capítulo V.—Hormigón armado

Capítulo VI. —Marmolería, Vidriería, Vidrieras artísticas

CAPÍTULO VII. — **Carpintería de armar**

CAPÍTULO VIII. — **Construcciones metálicas**

Capítulo IX. — Cubiertas

Capítulo X. — Carpintería de taller y herrería

Págs.

CAPÍTULO XIV. — Obras diversas de decoración

CAPÍTULO XV. — Instalaciones de gas y de electricidad

CAPÍTULO XVI. — Materiales de construcción

CAPÍTULO XVII. — Resistencia de materiales

CAPÍTULO XVIII. — Tablas y datos diversos